



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE COSTO – BENEFICIO SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE
PANELES SOLARES EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD
DE BOGOTÁ, COLOMBIA.

KATTERIN SANCHEZ HERNANDEZ
MICHELLE GERALDIN ZÚÑIGA CASALLAS

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS
BOGOTÁ D.C
2021

TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE COSTO – BENEFICIO SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE
PANELES SOLARES EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD
DE BOGOTÁ, COLOMBIA.

KATTERIN SANCHEZ HERNANDEZ
MICHELLE GERALDIN ZUÑIGA CASALLAS

Trabajo de grado presentado para optar al título de Especialista en Gerencia de
Obras

OSCAR ANTONIO VACA VELANDIA
Arquitecto MgH. - Universidad Nacional de Colombia
Especialista en Administración de Empresas Constructoras - EAN
DIRECTOR DE PROYECTO DE GRADO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS
BOGOTÁ D.C
2021



Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es). [Advertencia](#).

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>



Dedicatoria

A nuestros padres por enseñarnos a siempre ponernos metas y a luchar por alcanzarlas, a Dios por darnos la oportunidad de continuar con nuestra formación profesional, a todas las personas que nos acompañan en nuestro desarrollo profesional y académico siendo un gran apoyo.

Agradecimientos

Agradecemos en primer lugar a dios por permitirnos realizar esta Especialización en Gerencia de Obras, a todas las personas que nos han ayudado en la realización de este trabajo de investigación, en especial a Nuestras familias por el apoyo brindado durante este largo camino, y como no, a nuestro Docente y Arquitecto Oscar Vaca, quien con sus conocimientos y motivación nos muestro la forma y el camino correcto para tener un buen desarrollo en nuestra propuesta de investigación.



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. Introducción	9
2. GENERALIDADES	10
2.1. Línea de Investigación	10
2.2. Planteamiento del Problema	10
2.3. Pregunta de investigación	11
2.4. Justificación	11
2.5. Hipótesis	11
2.6. Objetivos	12
1.1.1 Objetivo general	12
1.1.2 Objetivos específicos	12
3. MARCOS DE REFERENCIA	13
3.1. Marco conceptual	13
3.1.1. análisis costo-beneficio	13
3.1.2. Energía solar	13
3.1.3. ENERGÍA FOTOVOLTAICA	14
3.1.4. Radiación Solar	16
3.1.5. ELEMENTOS PARA GENERAR ENERGÍA FOTOVOLTAICA	16
3.2. Marco teórico	18
3.2.1. Paneles solares como alternativa contra el cambio climático	18
3.2.2. Instan a colocar paneles solares	19
3.2.3. Corporación colombiana busca reducir huella de carbono con paneles solares	20
3.3. Marco jurídico	21
3.3.1. Comisión de regulación de energía y gas (CREG)	24
3.3.2. Ley 1715 de 2014	24
3.4. Marco geográfico	25
3.5. Marco demográfico	26
3.6. Estado del arte	28
3.7. ALCANCES Y LIMITACIONES	29



4.	IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO	31
4.1.	Ficha técnica del edificio estudiado	31
4.1.1.	Especificaciones técnicas del edificio	31
4.2.	Empresa instaladora del sistema de paneles solares	34
5.	ENERGÍA CONVENCIONAL Y ENERGÍA SOLAR	37
5.1.	ENERGÍA CONVENCIONAL	37
5.1.1.	ENERGÍA SOLAR	37
5.1.2.	RADIACIÓN SOLAR EN BOGOTÁ	38
5.1.3.	incidencia de la sombra	41
5.2.	PARÁMETROS DE COMPARACIÓN	43
5.3.	RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN	44
5.3.1.	Resultados económicoS	44
5.3.2.	Resultados técnicos	45
6.	beneficios del sistema de paneles solares	46
6.1.	BENEFICIOS ECONÓMICOS y tributarios	46
6.2.	BENEFICIOS AMBIENTALES	48
6.3.	DESVENTAJAS DEL SISTEMA	48
7.	PROPUESTA ECONÓMICA	49
7.1.	Cotización realizada 2018	49
7.2.	COTIZACIONES VALORES UNITARIOS 2021	51
8.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	53
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
	CONCLUSIONES	62
	RECOMENDACIONES	63
10.	Bibliografía	64



LISTA DE TABLAS

TABLA 3-1. LEYES, DECRETOS Y NORMAS DE LA ENERGÍA SOLAR.....	21
TABLA 3-2. ÁREA DE CENTROS COMERCIALES BOGOTÁ Y CHAPINERO	27
TABLA 3-3. CANTIDAD DE ESTABLECIMIENTOS POR ACTIVIDAD ECONÓMICA EN CHAPINERO	27
TABLA 4-1. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DEL EDIFICIO DE ESTUDIO.....	33
TABLA 5-1. NIVELES MENSUALES DE RADIACIÓN EN LA GUAJIRA	41
TABLA 6-1. DEDUCCIÓN ESPECIAL.....	47
TABLA 6-2. EXCLUSIÓN DEL IMPUESTO DE LA RENTA.....	47
TABLA 7-1. <i>PROPUESTA ECONÓMICA</i>	49
TABLA 8-1. CONSUMO MENSUAL SEGÚN INDUSTRIA- CODENSA.....	57
TABLA 8-2. CONSUMO MENSUAL EDIFICIO CORPORATIVO AMARILO	57
TABLA 8-3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR.....	59
TABLA 8-4. AHORRO ANUAL POR GENERACIÓN SOLAR.....	59
TABLA 8-5. CÁLCULO DE TIEMPO RETORNO DE LA INVERSIÓN	60
TABLA 8-6. RESUMEN RESULTADO EVALUACIÓN COSTO BENEFICIO	61



LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 EFECTO FOTOVOLTAICO	14
ILUSTRACIÓN 2. DIAGRAMA DE PROCESO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SOLAR	15
ILUSTRACIÓN 3. RADIACIÓN SOLAR	16
ILUSTRACIÓN 4. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR	17
ILUSTRACIÓN 5. LOCALIDADES DE BOGOTÁ.....	26
ILUSTRACIÓN 6 EDIFICIO DE ESTUDIO	31
ILUSTRACIÓN 7. PLANTA CUBIERTA DEL EDIFICIO EN ESTUDIO	32
ILUSTRACIÓN 8. ESQUEMA EDIFICIO DE ESTUDIO	33
ILUSTRACIÓN 9. MAPA IDEAM DE RADIACIÓN SOLAR EN BOGOTÁ	39
ILUSTRACIÓN 10. MAPA IDEAM DE RADIACIÓN SOLAR EN GUAJIRA	40
ILUSTRACIÓN 11. MAPA IDEAM DE RADIACIÓN SOLAR EN GUAJIRA	40
ILUSTRACIÓN 12. VISTA ÁREA DEL EDIFICIO DE ESTUDIO_ PANELES SIN OBSTÁCULOS ALREDEDOR	42
ILUSTRACIÓN 13. IMAGEN REAL DEL EDIFICIO DE ESTUDIO_ PANELES SIN OBSTÁCULOS ALREDEDOR	42
ILUSTRACIÓN 14. POTENCIA PANELES SOLARES	55
ILUSTRACIÓN 15. CONSUMO DE ENERGÍA EDIFICIO AMARILO	56



LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. RELACIÓN DEL COSTO OFERTADA POR EMPRESA	35
FIGURA 2. FRECUENCIA DE FALLOS Y PORCENTAJE DE PERDIDA DE ENERGÍA.....	44
FIGURA 3. COMPARATIVO POR EMPRESAS MERCADO INFORMAL	52
FIGURA 4. VALOR POR PRECIOS UNITARIOS DEL SISTEMA	52
FIGURA 5. RELACIÓN DE LA OFERTA POR EMPRESA.....	53
FIGURA 6. COSTO OFERTADO POR EMPRESA	54
FIGURA 7. CONSUMO PROMEDIO VS MES.....	58
FIGURA 8. REGRESO DE INVERSIÓN INICIAL	60



1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el consumo de energía es un tema que debe enlazarse con la rentabilidad y la eficiencia ambiental, en especial cuando se analiza la posibilidad de cambiar la energía convencional por energías renovables, como la energía solar.

Respecto a energías renovables ya existe una amplia investigación, sin embargo, llegar a una mente gerencial requiere plasmar económicamente los beneficios de estos sistemas, razón que motivó el desarrollo de esta investigación.

Es así como en esta investigación, se evalúa mediante un análisis costo- beneficio, la viabilidad económica de la implementación de paneles solares, tomando como caso de estudio un edificio de oficinas y en particular las áreas comunes como ascensores, sótanos y escaleras, para lo cual, se contemplan el costo de inversión contra los beneficios ambientales, la disminución en el pago de energía convencional y los descuentos tributarios ofrecidos por el estado; adicionalmente, se presentan las desventajas de la implementación del sistema que se encontraron en el desarrollo del trabajo de grado.

En el archivo, se identifica el edificio caso de estudio, sus características y todo lo relacionado con la implementación del sistema de paneles solares en él; posteriormente, se comparan algunos parámetros que permiten diferenciar la energía solar de la convencional en términos económicos y ambientales; así mismo, se presentan los beneficios económicos y ambientales del uso de paneles solares; a continuación se desarrolla una propuesta económica de la implementación de estos paneles, teniendo en cuenta los datos de consumo, inversión, entre otros; finalmente, se entrega el análisis costo-beneficio de la implementación del sistema en un edificio de oficinas en la ciudad de Bogotá, Colombia y por ende, se determina la rentabilidad del sistema.

2. GENERALIDADES

2.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La línea de investigación en la que se enmarcó el proyecto es “gestión y tecnología para la sustentabilidad”, evaluada desde una perspectiva económica, para lo cual se identificaron los factores más importantes a la hora de decidir sobre este tipo de inversión, teniendo en cuenta la importancia de la implementación de energías amigables con el ambiente en la construcción.

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, muchos edificios de oficinas no cuentan con sistemas que permitan economizar energía y mucho menos, utilizar energías renovables; por el contrario, tienen infraestructuras y distribución de espacios inadecuados, donde no se aprovecha la iluminación natural y se desperdicia energía en los lugares donde no permanecen las personas, como escaleras, baños, entre otros.

Por su parte, la revista portafolio aseguró en su artículo “*Energías renovables, la apuesta que debe hacer el país*”, que aproximadamente el 70% de la energía en Colombia, es generada por hidroeléctricas, sin embargo, este sistema es afectado por fenómenos climáticos como, por ejemplo, el fenómeno del Niño, el cual estuvo a punto de llevar al país a un apagón. (PORTAFOLIO, 2016)

La dependencia de la energía hidroeléctrica no solo es un riesgo para el país en materia energética, sino que, también contribuye al deterioro ambiental. Por lo anterior, una opción que debe implementarse en el país son las energías renovables. Particularmente, Colombia al estar situada en la zona de la línea ecuatorial, tiene amplias posibilidades de usar energías renovables, como la energía solar. (PORTAFOLIO, 2016)

Esta opción se basa en el uso de paneles solares, este tema ha sido estudiado y se ha demostrado su eficiencia, sin embargo, uno de los mayores problemas es su costo inicial, dado que, el costo de los elementos que conforman el sistema y la inversión que se deberá hacer si el edificio no cuenta con la infraestructura necesaria para soportar el sistema, es alto y varía según las necesidades de cada empresa.

Por lo anterior, en esta investigación hacemos una comparación COSTO-BENEFICIO de la implementación de un sistema de paneles solares, tomando como caso de estudio un edificio de oficinas en la ciudad de Bogotá, Colombia y así poder determinar si realmente es viable económicamente para una empresa utilizar este tipo de sistema.

2.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿En cuánto tiempo se obtiene el retorno de la inversión inicial y que beneficios posteriores se obtienen con la implementación de una planta de energía con paneles solares?

2.4. JUSTIFICACIÓN

La investigación realizada, se enfoca en la problemática del exceso de consumo de energía eléctrica, específicamente en el sector comercial y de oficinas a nivel nacional, dado el mal manejo de la iluminación, la utilización de aire acondicionado, el consumo de equipos de fuerza y equipos de oficina; este sector, presenta el consumo innecesario más alto por temas técnicos y culturales (UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2007) a esto se suma la poca implementación de tecnologías que generen tendencias sostenibles, para el buen uso de los recursos y el manejo de la energía.

Por lo anterior, se plantea un análisis costo-beneficio para las empresas interesadas en minimizar, tanto el impacto ambiental como el gasto de consumo energético.

Así, siguiendo lineamientos basados en investigaciones, se determinó si la implementación de una planta con paneles solares se puede aplicar a edificios con destino a oficinas o zonas comerciales en la ciudad de Bogotá, desde el punto de vista económico.

Como valor agregado, con esta evaluación se quiere mostrar que la inversión en la renovación y cambio de la energía convencional a la energía sostenible es viable y traerá beneficios para las empresas.

Para concluir, teniendo en cuenta esta investigación, dentro de la Especialización de Gerencia de Obras de la Universidad Católica de Colombia, se da la opción para incentivar el uso y la implementación de energías renovables y amigables con el ambiente, minimizando el impacto de malas prácticas tanto de las personas en su uso, como de los diseñadores y constructores mostrando la evaluación económica y sus ventajas.

2.5. HIPÓTESIS

La hipótesis del proyecto se basa, en un caso específico de un edificio de oficinas y de locales de 11 pisos (los cuales 7 son de oficinas) en la ciudad de Cúcuta, en este tipo de edificio se instalaron **34 paneles de un metro de ancho y 1,95 metros de alto**, cada panel produce 320 vatios para un total de 10.880 vatios, energía necesaria para cubrir oficinas, parqueaderos, ascensores y bombas de agua. (BUSTAMANTE, 2018)

La inversión inicial en este proyecto fue de \$90.000.000, los cuales se ven en el ahorro mensual en la factura de energía de \$900.000 a \$1.000.000; con lo anterior la empresa inversora y la empresa instaladora aseguran una recuperación de la inversión inicial en un periodo de seis años.

Por lo anterior, esperamos que, realizando esta misma implementación en un edificio con características similares en la ciudad de Bogotá, tengamos un ahorro mensual del 30% en el gasto del pago del servicio de energía convencional y un retorno de la inversión del 90% en seis años, adicionalmente un beneficio ambiental y beneficios tributarios por estado bajo la ley 1715 del 2014.

2.6. OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el análisis costo–beneficio de la implementación de un sistema de paneles solares en un edificio, con base en la evaluación de las condiciones actuales de un edificio de oficinas en la ciudad de Bogotá, Colombia, demostrando las ventajas de la utilización de energías alternativas amigables con el ambiente.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el proyecto a trabajar, sus antecedentes e investigaciones previas.
- Determinar los parámetros de comparación entre la energía convencional y la energía generada por paneles solares
- Definir los beneficios económicos, ambientales y tributarios a largo plazo de la utilización de esta energía sustentable.
- Realizar una propuesta económica para la implementación de paneles solares en un edificio de oficinas.

3. MARCOS DE REFERENCIA

3.1. MARCO CONCEPTUAL

3.1.1. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

Teniendo en cuenta que el producto a entregar en esta investigación es un análisis costo beneficio, es necesario tener claro el concepto, la fórmula y el método por el cual obtenerlo, para así tener clara la justificación de la rentabilidad que brinda el proyecto que se quiera implementar.

A continuación, se da el concepto básico sobre el tema a tratar.

El análisis costo-beneficio es una función financiera que cuantifica la relación que existe entre los costos y beneficios de un proyecto de inversión, tal como la creación de una nueva empresa o el lanzamiento de un nuevo producto, con el fin de conocer su rentabilidad.

Lo que mide principalmente el análisis costo-beneficio es la relación costo-beneficio (B/C), también conocida como índice neto de rentabilidad, la cual es un cociente que se obtiene al dividir el Valor Actual de los Ingresos totales netos o beneficios netos (VAI) entre el Valor Actual de los Costos de inversión o costos totales (VAC) de un proyecto.

Conocer la relación costo-beneficio de un proyecto de inversión nos permite conocer su rentabilidad y así, por ejemplo, saber si el proyecto es viable y qué tan atractivo es en comparación con otros proyectos. (K, 2019)

La fórmula de la relación costo-beneficio es:

$$B/C = VAI / VAC$$

3.1.2. ENERGÍA SOLAR

El término energía solar se refiere al aprovechamiento de la energía que proviene del Sol. Se trata de un tipo de energía renovable. La energía contenida en el Sol es tan abundante que se considera inagotable. El Sol lleva cinco mil millones de años emitiendo radiación solar y se calcula que todavía no ha llegado al 50% de su existencia.

La energía solar, además de ser inagotable es abundante: la cantidad de energía que el Sol vierte diariamente sobre la Tierra es diez mil veces mayor que la que se consume al día en todo el planeta. La radiación recibida se distribuye de una forma

más o menos uniforme sobre toda la superficie terrestre, lo que dificulta su aprovechamiento.

La energía solar, además de ser una fuente de energía renovable, es una energía limpia y supone una alternativa a otros tipos de energía no renovables como la energía fósil o la energía nuclear. (SOLAR ENERGÍA, 2016)

3.1.3. ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Esta energía cambia directamente la luz solar en electricidad utilizando una técnica basada en el efecto fotovoltaico. Al caer la radiación de los rayos solares sobre una de las caras de los paneles solares se produce una variedad de potencial eléctrico entre ambas caras que hace que los electrones cambien de lugar en diferentes momentos, y de esta forma se genera corriente eléctrica.

Según una publicación de acciona (una empresa global con un modelo de negocio construido en torno a la sostenibilidad), existen tres tipos de paneles solares: fotovoltaicos, generadores de energía para las necesidades de nuestros hogares; térmicos, que se instalan en casas con recepción directa de sol; y termodinámicos, que funcionan a pesar de la variación meteorológica, es decir, aunque sea de noche, llueva o esté nublado. (ACCIONA, 2016)

Con la siguiente gráfica se explica el efecto fotovoltaico

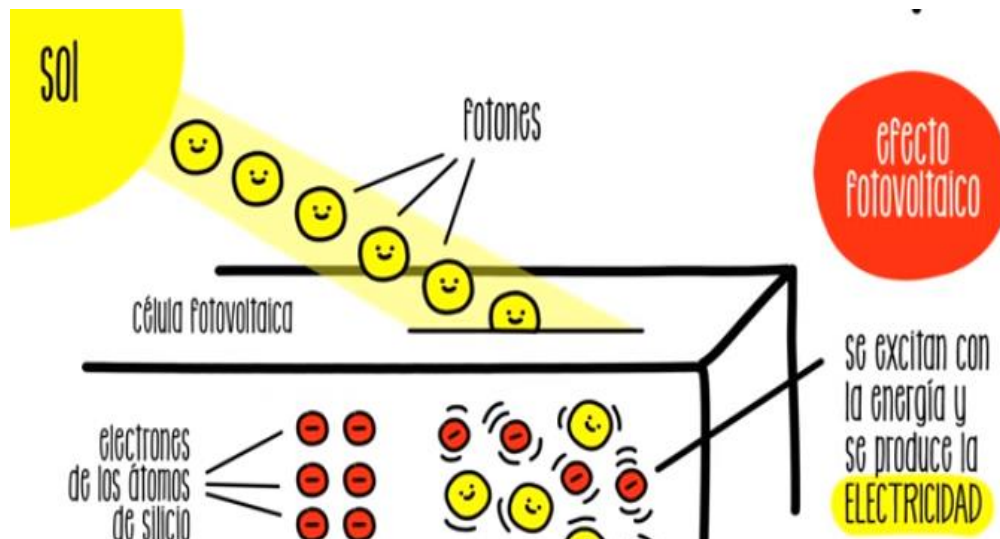


Ilustración 1 Efecto fotovoltaico

Fuente: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/> (ACCIONA, 2016)

A continuación, podemos evidenciar como es el proceso para la captación de energía solar, su almacenamiento, rectificación y su proceso final todo lo anterior

gracias a sus celdas fotovoltaicas.

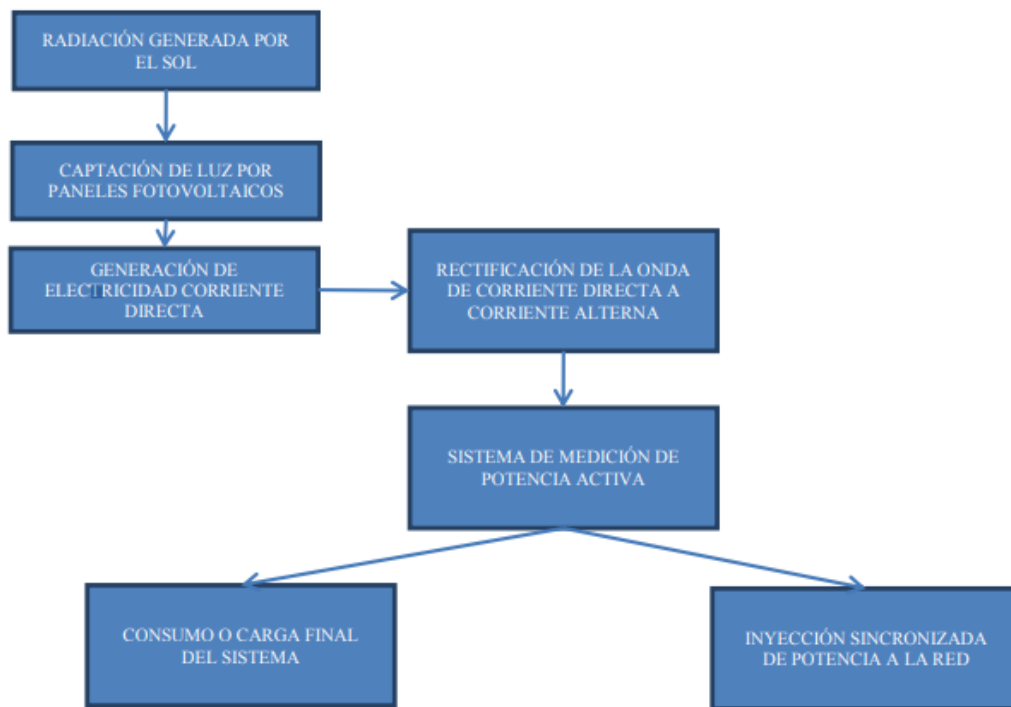


Ilustración 2. Diagrama de proceso del sistema de generación eléctrica solar

Fuente:

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2590/75101283.pdf;jsessionid=997C4F7A297E688AD6F0A1314FEA20F8.jvm1?sequence=1> (GARZON, 2013)

Radiación generada por el sol: Fuente de energía en forma de luz la cual estimula los paneles solares (GARZON, 2013)

- Captación de luz por paneles fotovoltaicos: Los paneles se estimulan por la fuente de luz y empujan los electrones generando flujo de electricidad en corriente continua.
- Generación de electricidad corriente directa: Se genera electricidad la cual se almacena en bancos de baterías.
- Rectificación de la onda de corriente directa a corriente alterna: Se rectifica la onda de directa a alterna con lo cual se garantiza la correcta aplicación a las cargas del sistema.
- Sistema de medición de potencia activa: El consumo que genera la carga es medido para determinar los índices de consumo y realizar las respectivas acciones de mantenimiento o controlar sobrecargas al sistema.

- Consumo o carga final: La energía es utilizada para sistemas de iluminación, alimentación de equipos eléctricos, etc. (GARZON, 2013)

3.1.4. RADIACIÓN SOLAR

El sol produce una cantidad de energía constante que, en el momento de incidir sobre la superficie terrestre pierde parte de su potencia debido a distintos fenómenos ambientales.

La potencia radiante, denominada constante solar, que llega al Planeta Tierra no es la que finalmente alcanza la superficie terrestre debido a la influencia de los fenómenos atmosféricos, la actividad humana, la forma propia de la Tierra, el ciclo día/noche y la órbita elíptica de la Tierra. (ECONOTICIAS, 2016)

En la gráfica que se muestra a continuación tomada de la citación anterior se demuestra cómo es la forma en que la radiación puede ser aprovechada la situación del medio ambiente y de fenómenos como la reflexión, absorción y difusión.

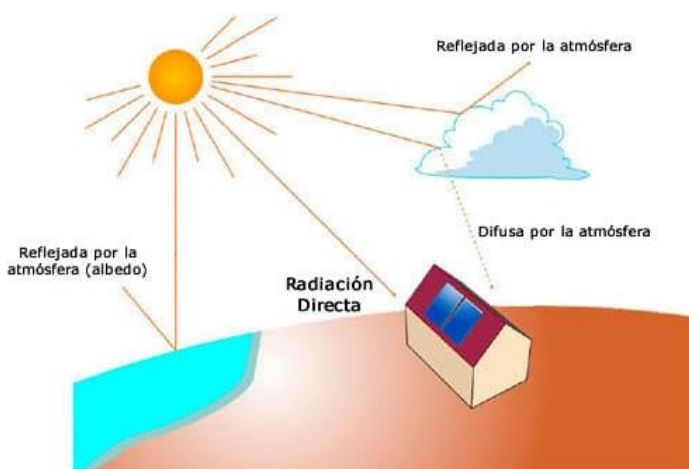


Ilustración 3. Radiación solar

Fuente: <https://www.ecoticias.com/energias-renovables/128543/Conceptos-fundamentales-sobre-energia-solar-fotovoltaica> (ECONOTICIAS, 2016)

3.1.5. ELEMENTOS PARA GENERAR ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Dentro los componentes de un sistema de energía solar el módulo solar o conocido también como panel solar, el panel solar es el componente principal de todos los tipos de sistemas fotovoltaicos, además de este, existen diferentes partes que se suman al sistema que varían de acuerdo con la aplicación. (SUPPLY,sun, 2018)

En la siguiente gráfica se pueden ver de forma más práctica los componentes.

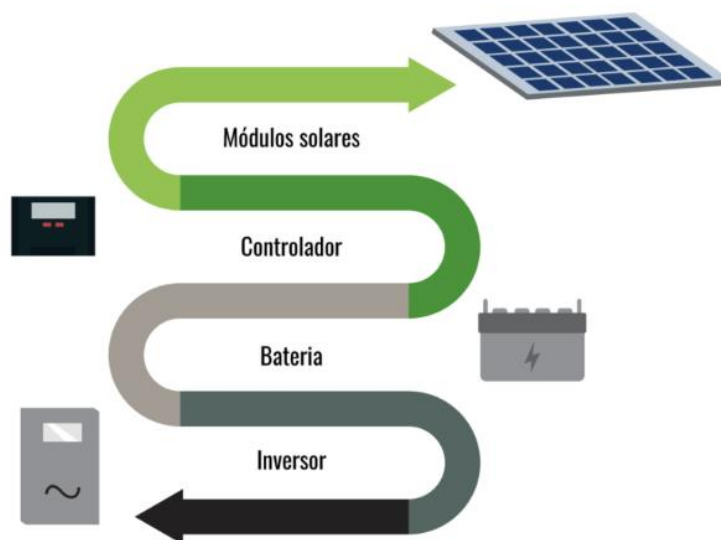


Ilustración 4. Componentes de un sistema de energía solar

Fuente: <https://www.sunsupplyco.com/componentes-de-un-sistema-de-energia-solar/>
(SUPPLY,sun, 2018)

- Módulo solar (panel solar) fotovoltaico

Componente encargado de transformar la radiación solar en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico. Están hechos principalmente por semiconductores (silicio) mono-cristalinos o poli-cristalinos. Los de mejor precio y mayor disponibilidad en el mercado internacional y colombiano es el policristalino. Estos son caracterizados por su potencia nominal o potencia máxima que puede generar este panel en condiciones ideales (radiación de 1kW/m^2 y temperatura de 25°C). (SUPPLY,sun, 2018)

- Regulador de carga

Este componente del sistema administra de forma eficiente la energía hacia las baterías prolongando su vida útil protegiendo el sistema de sobrecarga y sobre descargas. Este componente es comercializado basado en su capacidad máxima de corriente a controlar (amperios). (SUPPLY,sun, 2018)

- Batería (acumulador)

La energía eléctrica de los paneles, una vez regulada va a las baterías. Estas almacenan la electricidad para poder usarla en otro momento, su comercialización está basada en la capacidad de almacenar energía y es medida en amperios hora (Ah). (SUPPLY,sun, 2018)

- Inversor

Este componente convierte la corriente continua y bajo voltaje (12v o 24v típicamente) proveniente de las baterías o controlador en corriente alterna, para el caso de Colombia 120 V, de forma simplificada se puede decir que transforma la corriente continua en un tomacorriente convencional. Por lo general es comercializado basado en su potencia en Watts, la cual es calculada como el voltaje por corriente ($P=VI$). Corresponde a la demanda máxima de (potencia) de los equipos que se van a conectar. Se puede prescindir de este componente cuando los equipos a conectar puedan ser alimentados por corriente directa. Como es el caso de algunos tipos de iluminación, motores y equipos diseñados para trabajar con energía solar. (SUPPLY,sun, 2018)

- Soportes

Este es un componente pasivo de los sistemas de energía solar. Encargado de mantener en su lugar los módulos fotovoltaicos y debe estar proyectado para soportar la intemperie de forma constante, expansiones térmicas durante mínimo 25 años. (SUPPLY,sun, 2018)

3.2. MARCO TEÓRICO

3.2.1. PANELES SOLARES COMO ALTERNATIVA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO

En lo encontrado en la investigación hacia el marco teórico, el cambio climático ha obligado a cambiar la forma en la que se genera energía sin que de alguna forma se siga dañando el medio ambiente, con la ayuda del avance tecnológico se busca optimizar todo tipo de máquina o elemento que ayude al avance de energías renovables.

Una de las incógnitas más importantes que busca resolver el ser humano es cómo generar energía sin la necesidad de afectar negativamente el medio ambiente. Según la Organización Mundial Meteorológica (WMO por sus siglas en inglés) la temperatura global aumentará entre 3 a 5 grados para el año 2100, por esa razón, empresas de todo el mundo han realizado esfuerzos en descubrir nuevos métodos y/o herramientas con la intención de generar energías renovables (eólica, hidráulica, solar, combustibles orgánicos, entre otras). Todos estos métodos son con el objetivo de encontrar mejores soluciones para el cuidado del planeta. De esta manera, un panel resulta sencillo de tener en casa; no obstante, antes se consideraba un problema por el espacio que ocupan, la poca accesibilidad y algunos utilizan en su elaboración materiales como el telurio, cadmio, selenio, galio, o cobre, y aún no se conocen las consecuencias que puedan existir por el uso de esos

materiales. (ZIMBRON, 2020)

Los paneles solares, son una solución bastante efectiva, ya que brindan un flujo eléctrico bajo los estándares de una energía renovable y limpia, con bajo costo y larga durabilidad y a largo plazo se obtiene un bajo costo en la factura de energía eléctrica. Teniendo en cuenta que los paneles por sus componentes (como el telurio, cadmio, selenio, galio, o cobre) podrían ser peligrosos, también se adelanta una investigación sobre paneles con microalgas y estos no solo proveerán energía si no también oxígeno y a la vez ayudarían a la limpieza del aire.

El cambio climático acecha a la humanidad y al ecosistema, los datos de las organizaciones como la WMO, muestran un futuro desfavorable para las siguientes generaciones. En pocos años se podrán vivir catástrofes naturales, brotes de nuevas enfermedades, sequías y muchos problemas que hoy en día pueden ser reversibles, por ello, es necesario que la población empiece a optar por tecnologías amigables para el medio ambiente, como los paneles solares. (ZIMBRON, 2020)

3.2.2. INSTAN A COLOCAR PANELES SOLARES

Optar por incluir energías renovables en nuestros hogares, proyectos o empresas no solo resulta amigable con el ambiente si no también económicamente viable. A nivel gubernamental para un país resulta muy bien aplicar esta forma de mejorar el ambiente ya que es una forma sencilla, costeable y ecológica.

Adicionalmente se presta para liberar un poco la carga de las entidades que nos prestan el suministro de energía, generando menos dependencia, menos cambios de voltajes y apagones, en el archivo que se descarga de la base de datos de la Universidad Católica de Colombia nos deja ver las proyecciones que se tienen para la instalación de energía renovable por medio de paneles y plantas solares. (OCHOA, 2017)

Señala que México se encuentra en la búsqueda de impulsar el sector energético confiable que atraiga inversiones en programas de generación de electricidad a través de energías amigables con el ambiente, como los paneles solares.

En la información explica que existe una meta para la integración de este tipo de energías. Se espera que para el 2022 la instalación de paneles solares aumente en 1,344 por ciento, "La instalación de paneles solares en los hogares y pequeñas y medianas empresas contribuirá al cumplimiento de estas metas", señalan. (OCHOA, 2017)

Mientras que para el 2021 esperan que suba a un 30%; en el 2024, 35% y en el 2050 se llegue a 50%. Los costos de esta tecnología ya son competitivos frente a las fuentes convencionales de generación de electricidad, asegura la Secretaría de Energía entre los beneficios de utilizar paneles solares, detalla, está la capacidad

que toma el ciudadano para tener el control al generar su propia electricidad.

3.2.3. CORPORACIÓN COLOMBIANA BUSCA REDUCIR HUELLA DE CARBONO CON PANELES SOLARES

La Corporación Colombiana Desarrollo Social (CCDS) en busca de la reducción de la huella de carbono y disminuir el daño ambiental en las principales ciudades de Colombia, quiere iniciar un plan de instalación de por lo menos 240 paneles solares, con la convicción de pequeñas acciones genera grandes cambios.

La Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) y el Ministerio de Minas y Energía estiman que para antes de 2030 cerca del 10% del consumo energético en Colombia va a provenir de proyectos fotovoltaicos o solares.

Según explicó Montoya, la decisión de usar paneles solares se encadena con acciones como la reducción en el uso del papel, las bolsas plásticas y los recipientes desechables, además de establecer un día en el que sus empleados deben dejar el automóvil en casa. (CORPORACIÓN COLOMBIANA DE DESARROLLO, 2019)

Apuestan por producir y consumir energías más limpias y renovables, creando compromisos de desarrollo sostenible a nivel nacional donde por lo menos las sedes de las empresas ahorren un 30% de la energía que requieren mensualmente en sus operaciones y de la misma forma disminuyendo 35 toneladas de CO₂ por año.

Como próximo paso fijaron "promover que nuestros empleados usen movilidad eléctrica" una vez se finalice un estudio que muestra cuál es la "principal huella de carbono" que genera Interactuar, corporación que durante 35 años ha apoyado a miles de emprendedores y microempresarios con capacitación y créditos (CORPORACIÓN COLOMBIANA DE DESARROLLO, 2019)

Colombia cuenta con un potencial positivo de energía solar fotovoltaica frente al resto del mundo, con un promedio de irradiación solar alto, de acuerdo con un estudio de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

3.3. MARCO JURÍDICO

Tabla 3-1. Leyes, decretos y normas de la energía solar

TIPO	No. DE REF	FECHA	EMITIDA POR	OBJETO
Ley	99	22-12-1993	Congreso de Colombia	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
Ley	143	11-07-1994	Congreso de Colombia	Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética.
Ley	164	27-10-1994	Congreso de Colombia	Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992
Ley	629	27-12-2000	Congreso de Colombia	Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997.
Ley	697	03- 10-2001	Congreso de Colombia	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan Otras disposiciones. (Congreso de la República de Colombia, 2001)
Decreto	368 3	19-12-2003	Presidencia Nacional de Colombia	Por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial

TIPO	No. DE REF	FECHA	EMITIDA POR	OBJETO
NTC	277 5	24-08-2005	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)	Referente a energía solar fotovoltaica, terminología y definiciones
Decreto	2501	2007	Ministerio de minas y energía, «Comisión de regulación de energía y gas,»	La energía se debe utilizar racional y eficientemente en productos y métodos que contribuyan a la generación de energía eléctrica, que la transformen, procesen y distribuyan. También en los productos destinados para el uso final de la energía: iluminación, refrigeración, calentadores, edificaciones públicas, viviendas de interés social, semaforización, entre otros. "Por medio del cual se dictan disposiciones para promover prácticas con fines de uso racional y eficiente de energía eléctrica" (Ministerio de minas y energía, 2007)
Resolución	180740	2007	Ministerio de minas y energía, «Avance jurídico,»	Teniendo en cuenta el Mecanismo de energías amigables con el ambiente, actualizar el factor de emisión de gases de efecto invernadero para el cálculo de la línea base de las actividades de los proyectos que generen electricidad a partir de fuentes renovables, cuya capacidad instalada sea igual o menor a 15 MW. 29 los formuladores de proyectos, que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio, podrán utilizar otro factor de emisión u otra metodología, siguiendo los procedimientos definidos para tal fin por parte la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
Ley	1450	2011	Congreso de Colombia	Esta ley entre otras cosas contemplo, el progreso social y dinamismo económico para el desarrollo sostenible. Resaltando que en el Artículo 105 se trata el tema de energías renovables. Artículo 105. Energías renovables. El Gobierno Nacional diseñará e implementará una política nacional encargada de fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación en las energías solar, eólica, geotérmica, mareomotriz, hidráulica y demás

TIPO	No. DE REF	FECHA	EMITIDA POR	OBJETO
				alternativas ambientalmente sostenibles, así como una política nacional orientada a valorar el impacto del carbono en los diferentes sectores y a establecer estímulos y alternativas para reducir su huella en nuestro país (Congreso de la República de Colombia)
Ley	1715	2014	Congreso de Colombia	Se quiere promover el desarrollo y la utilización de las fuentes de energías renovables, en el sistema energético nacional, para integrarlas al mercado eléctrico, que lleguen a las zonas aisladas y sean aplicadas en otros usos energéticos como puente para el desarrollo económico sostenible, la reducción de contaminación ambiental y la seguridad del abastecimiento energético. (CONGRESO DE LA REPUBLICA; 2014)
Resolución	045	2016	Unidad de planeación minero-energética	Esta resolución establece los procedimientos y requisitos para requerir la certificación que acredita la documentación, con el fin de tramitar la solicitud de la certificación del beneficio ambiental ante la autoridad competente, con miras a obtener el beneficio de la supresión del IVA y/o la exención de gravamen arancelario. Ésta será adaptable a agentes tanto públicos como privados que medien en el desarrollo y la explotación de las FNCE. "Por la cual se establecen los procedimientos y requisitos para emitir la certificación y avalar los proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNCE), con miras a obtener el beneficio de la exclusión del IVA y la exención de gravamen arancelario de que tratan los artículos 12 y 13 de la ley 1715 de 2014, y se toman otras determinaciones" (UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICA, 2018)

TIPO	No. DE REF	FECHA	EMITIDA POR	OBJETO
NTC	2050	1998	CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO	ha sido de obligatorio cumplimiento durante cerca de 20 años y son varias las normas legales, reglamentarias que dan a entender esa obligatoriedad, el RETIE hace expresa la obligatoriedad de cumplir la NTC 2050 Primera Actualización (COLOMBIANA, 1998)

Fuente: Elaboración Propia

3.3.1. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS (CREG)

En la resolución No. 201 DE 2017 (27 DIC. 2017) Por la cual se modifica la Resolución CREG 243 de 2016, define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas

- Crear las condiciones para asegurar la disponibilidad de una oferta energética eficiente capaz de abastecer la demanda bajo criterios sociales, económicos, ambientales y de viabilidad financiera, promover y preservar la competencia, para lo cual, la oferta eficiente, en el sector eléctrico, debe tener en cuenta la capacidad de generación de respaldo.
- Valorar la capacidad de generación de respaldo de la oferta eficiente.
- Definir y hacer operativos los criterios técnicos de calidad, confiabilidad y seguridad del servicio de energía;

3.3.2. LEY 1715 DE 2014

La Ley 1715 de 2014 se creó con el fin de reglamentar la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.

Beneficios con la utilización de la energía solar

- Se puede deducir de la base gravable para calcular el impuesto de renta, hasta el 50% del valor de la inversión realizada, en proyectos de energías renovables no convencionales. Esta deducción se puede aplicar en el primer año, o hasta en 5 años siguientes al año gravable en el que hayan realizado la inversión.
- Los generadores de energía renovable en pequeña y gran escala podrán vender a la red eléctrica el excedente de energía que ellos no consuman (esquema de créditos de energía), según lo disponga la CREG.

- Los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la pre-inversión, inversión, medición y evaluación de las fuentes no convencionales de energía, estarán excluidos de IVA.
- Depreciación acelerada de los activos en 5 años, con una tasa anual del 20%. (Celsia, 2008)

3.4. MARCO GEOGRÁFICO

El proyecto se sitúa en la Ciudad de Bogotá, Bogotá es la capital de Colombia y de Cundinamarca; está constituida como distrito capital y tiene autonomía para el manejo de sus intereses todo dentro de lo establecido en la Constitución Política de Colombia.

A nivel nacional, Bogotá es la ciudad más importante en cuanto a población y economía, siendo la capital del país, dada su diversidad de actividades económicas aporta cerca del 30% del producto interno del país, adicionalmente, en Bogotá-Cundinamarca se encuentra aproximadamente la tercera parte de las compañías, el 60% de las importaciones, y el 8,5% de las exportaciones del país. (Secretaría de desarrollo económico, 2015)

Bogotá está ubicada en la Sabana de Bogotá a aproximadamente 2600 msnm el área urbana tiene una extensión de 307Km² distribuidos en 20 localidades agrupadas en 7 UPZ.

El edificio de esta investigación se encuentra ubicado en la Calle 90 # 11A - 27 en la localidad 2, Chapinero.

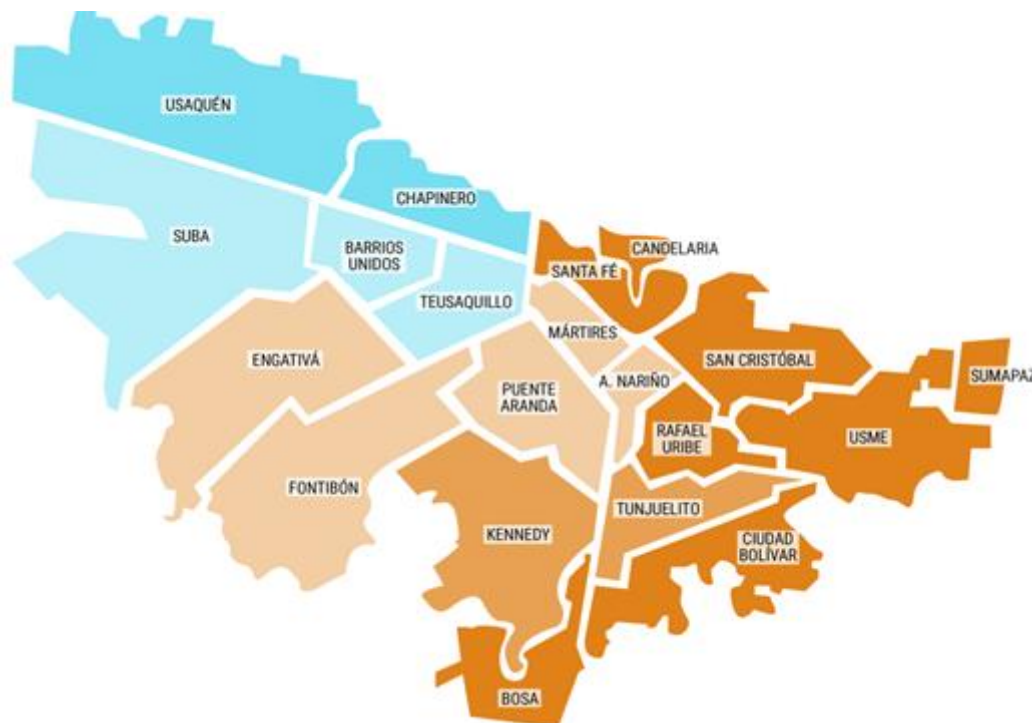


Ilustración 5. Localidades de Bogotá

Fuente: <https://lasillavacia.com/silla-cachaca/el-sur-y-el-occidente-garantizaron-la-victoria-de-petro-en-bogota-66701>

3.5. MARCO DEMOGRÁFICO

Cuando la investigación requiere el estudio de una población específica, es necesario, desde este marco, plantear las características de dicha población, como edad, procedencia, género, posición socio económica, entre otras, también se requiere tener un foco como la cantidad de edificaciones en Bogotá caracterizado por la cantidad de pisos y el uso final de sus construcciones, adicionalmente como está posicionada la ciudad con su implementación en proyectos amigables con el ambiente.

Según los datos del DANE, Bogotá cuenta con una población de 7.181.469 habitantes, convirtiéndola en la metrópolis más poblada de Colombia. (DANE, 2018)

Por otro lado, como capital del país, en Bogotá operan las principales oficinas del estado; a nivel económico, es uno de los centros financieros e industriales de Colombia más importantes, sede de numerosas empresas nacionales y transnacionales.

Un estudio realizado hacia el año 2012 por la Alcaldía mayor de Bogotá, dio a conocer la cantidad centros comerciales de pequeña, mediana y gran envergadura por localidades, teniendo los siguientes datos para la localidad de Chapinero:

Tabla 3-2. Área de centros comerciales Bogotá y Chapinero

TAMAÑO CENTRO COMERCIAL	BOGOTÁ		CHAPINERO
	AREA Ha.	LOCALES	AREA m2
PEQUEÑO	25,61	15.469	25.000
MEDIANO	32,22	10.227	20.000
GRANDE	88,19	8.902	48.000

Fuente: <https://www.catastrobogota.gov.co>

Según el estudio la localidad de Chapinero ha presentado una disminución en cuanto al área destinada a centros comerciales lo que radica en que van cambiando su uso hacia oficinas. El estudio reporta que en la localidad de Chapinero a 2012, los centros comerciales con locales destinados a oficinas sumaban 501 con un área aproximada de 44.000 m2. (Catastro Bogotá, 2014)

Un censo en la localidad de Chapinero, realizado en patrocinio de la Cámara de Comercio de Bogotá, identificó las siguientes actividades económicas en la localidad:

Tabla 3-3. Cantidad de establecimientos por actividad económica en Chapinero

	Número	Porcentaje
Servicios	12313	64%
Comercio	4899	26%
Industria	726	4%
Agrícola	40	0%
No informa	1150	6%
Total	19128	100%

Fuente: <https://bibliotecadigital.ccb.org.co>

El estudio también clasificó las actividades económicas encontradas en relación al tamaño de la empresa, encontrando que existen 261 medianas empresas y 163 grandes empresas en la localidad, distribuidas en diferentes actividades económicas. (Camara de Comercio de Bogotá, 2012)

Lo anterior, muestra que en la localidad de Chapinero hay un alto potencial empresarial para implementar los sistemas de energías renovables como la energía solar.

3.6. ESTADO DEL ARTE

En Colombia la producción de energía depende, en su mayoría, de la hidroelectricidad, debido a la abundancia de agua en la mayoría de las zonas del país y en segundo lugar de los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), cuyas reservas ya se están agotando.

Sin embargo, estudios han revelado que las reservas de hidrocarburos en el país tienen cerca de 6 años de durabilidad; por su parte, la Agencia Internacional de Energía, dice que la base de la vida moderna del mundo depende en un 80% del petróleo y que a medida que los países se industrializan y sus poblaciones aumentan, también crece el consumo de energía. (GARZON, 2013)

Entendiendo la necesidad de encontrar nuevas fuentes de energía, el Gobierno Nacional en los últimos años ha invertido en el desarrollo y aplicación de tecnologías alternativas de producción de energía.

Según, la Unidad de Planeación Nacional Minero Energética (UPME), las energías renovables cubren actualmente cerca del 20% del consumo mundial de electricidad. La investigación, el desarrollo y la innovación en el ramo de celdas solares fotovoltaicas y sus aplicaciones, tiene cada vez un mayor interés e impacto en el ámbito internacional debido a sus bondades; un sistema que genera electricidad sin contaminar.

A continuación, se muestran algunos de los proyectos implementados a nivel nacional, en materia de energías renovables:

Hospital Pablo Tobón en Medellín: Para reducir el consumo de energía, se instalaron en el año 1987 colectores solares de placa plana, los cuales reemplazaron una caldera que salió de servicio en la institución, de esta manera se instalaron 345 m² de colectores para calentar diariamente 22.500 litros de agua a 45°C; en este caso la radiación solar, fue utilizada para generar energía térmica. (ORGANIZACIÓN HPTU, 2010)

Sistema solar de 2.8 kW instalado por el antiguo ICEL (Instituto Colombiano de Energía Eléctrica, hoy IPSE): en la Venturosa, Vichada, en 1996, este suministra

energía a una comunidad de doce familias y un centro escolar. Este proyecto demuestra que las energías renovables, contribuirían al progreso y mejora en la calidad de vida de comunidades apartadas, donde llevar energía hidroeléctrica es poco viable. (MURCIA, 2009)

El Sistema fotovoltaico de 3.4 kW del Oleoducto Caño Limón- Coveñas, lleva en operación desde hace más de 20 años. Este sistema permite realizar la operación de equipos propios del oleoducto, facilitando las condiciones de alimentación eléctrica en áreas alejadas. (RODRIGUEZ, 2000)

La fundación "Un Litro de Luz", adelanta un proyecto que consiste, en aprovechar la luz del sol para iluminar interiores mediante la instalación de botellas PET de un litro y medio, dotadas con una mezcla de agua e hipoclorito en los techos de los hogares más vulnerables del país. Esta iniciativa de la Fundación Un Litro de Luz Colombia está patrocinada por las compañías PepsiCo y Sika Colombia, además, cuenta con el apoyo de la estrategia Colombia en Acción del Departamento para la Prosperidad Social (DPS), el Centro de Innovación Social y la Red UNIDOS, entidades que hacen su aporte con la identificación y priorización de las familias que serán beneficiadas con esta solución que mejorará las condiciones de habitabilidad de muchas personas. (UNIVERSIDAD EAN, 2013)

Proyecto Fotovoltaico autónomo Off- Grid, realizado por la compañía Alta Ingeniería XXI Ltda., para Autopistas del Café, siendo la primera planta de energía solar de 20 KW que se haya construido en Colombia, para ofrecerle iluminación autónoma al túnel Santa Rosa vía Dosquebradas (Risarcaldá). "Este es un modelo para Colombia, pues se demostró que con el uso del sol se minimiza el gasto energético y se disminuye la emisión de gases efecto invernadero, siendo de gran beneficio para el medio ambiente", dice Viviana Naipera Malagón, del Departamento de Energías Renovables de Alta Ingeniería XXI Ltda. (EL TIEMPO, 2013)

Como se puede ver en las anteriores referencias, el uso de energías renovables y su implementación en las diversas construcciones, es primordial en el avance económico, social y cultural del país, ya que, depender de una sola fuente de energía, supone un alto riesgo de apagones. Adicionalmente, las energías renovables, son una excelente opción para generar energía en poblados y lugares de difícil acceso.

3.7. ALCANCES Y LIMITACIONES

ALCANCES

El proyecto contempla la evaluación costo- beneficio de la implementación de un sistema de paneles solares en un edificio de 10 pisos, destinado a oficinas en la ciudad de Bogotá, Colombia; para ello se realizará la comparación del uso de



energía eléctrica vs el consumo de energía solar y el beneficio a corto y largo plazo que obtendrán los interesados; adicionalmente, se entregará una breve descripción de los beneficios ambientales que se podrían obtener si se implementaran este tipo de sistemas.

También se desea confirmar la hipótesis que se planteó con respecto a los beneficios de inversión que representan este tipo de investigaciones e implementaciones sobre estas estrategias sostenibles para la eficiencia del consumo de energía

LIMITACIONES

El proyecto no contempla su aplicación a edificios de mayor altura o destinados a otro tipo de actividades, como vivienda o turismo entre otros.

El análisis costo-beneficio utiliza los datos de consumo de energía convencional y renovable del edificio estudiado, los cuales pueden variar frente al gasto de energía de edificios de condiciones similares.

La presente investigación, no profundiza en la construcción y/o implementación del sistema de paneles solares ni el funcionamiento del sistema, salvo en aquellos aspectos que resulten relevantes para la evaluación económica.

Al no tener información puntual sobre la conformación técnica del edificio como caso estudio en la ciudad de Bogotá, la cotización realizada es forma unitaria por cada elemento que conforma el sistema fotovoltaico.

El alcance del trabajo de grado al ser enfocado de manera gerencial no maneja a profundidad estudios técnicos de radiación y modelamiento de sombra, sin embargo, se hace una aproximación teórica de la misma.

4. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

4.1. FICHA TÉCNICA DEL EDIFICIO ESTUDIADO

Dentro del desarrollo del objeto de este estudio, se tomó como caso de estudio, un edificio ubicado en la ciudad de Bogotá en la calle 90 con carrera 11 donde se encuentran las oficinas de la constructora Amarilo, como parte de su renovación está la inclusión de sistemas amigables con el ambiente, para llegar a cumplir este objetivo, Amarilo contó con el acompañamiento de la compañía Green Loop, expertos en la implementación de energías amigables con el medio ambiente. Entre las más importantes características de la obra se sobresalen porcentajes de ahorro de agua por encima del 30% y de ahorro de energía superiores al 30%.

4.1.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EDIFICIO

Para poder darle un enfoque comparativo al análisis de costo beneficio es necesario tener una dimensión sobre las especificaciones básicas del edificio a estudiar. El diseño es obra de la firma colombiana Konrad Brunner Arquitectos. La estructura está compuesta por concreto armado en pórticos y la fachada es tipo doble piel de vidrio templado que incluye un tratamiento acústico y concreto a la vista.

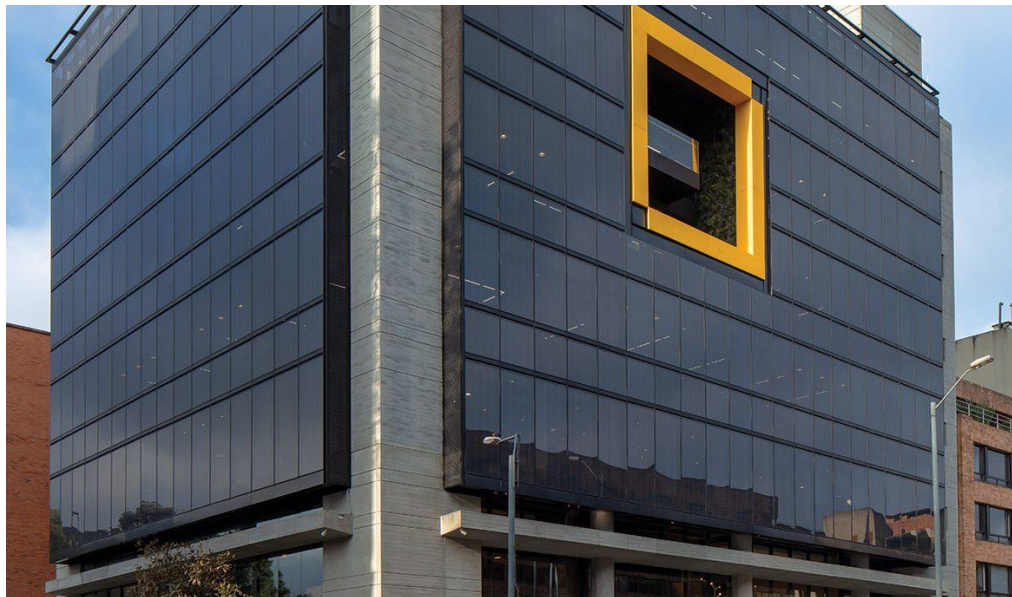


Ilustración 6 Edificio de estudio

Fuente: <https://amarilo.com.co/blog/especial/el-edificio-corporativo-de-amarilo/>

El edificio tiene un total de 8.729 m² construidos, distribuidos en 11 niveles; tres sótanos de parqueo, dos niveles para atención de clientes, cinco pisos de oficinas y una cubierta verde donde se desarrollan espacios de bienestar y descanso. El

edificio tuvo una duración de 27 meses en su faceta de construcción, desde agosto del 2016 a noviembre del 2018, con un rendimiento de 374 m²/mes. (Equipar, 2020)

Las características e instalación de los paneles solares, información suministrada directamente de las residentes de obra a cargo y coordinadora de diseño, se compone de una red de generación fotovoltaica que cuenta con un área total de 162 m², la cual cuenta con 78 paneles, con una potencia de 400W por panel, y de esta forma logra proporcionar al edificio 31.2 kW de energía. Adicional a esto, la red cuenta con 78 optimizadores de energía y 2 inversores; la generación de energía del sistema cubre la demanda de energía de zonas comunes como lo son la iluminación de sótanos y puntos fijos y la energía requerida para los equipos de bombeo y los 4 ascensores, logrando de esta manera un ahorro superior al 40% del consumo total del edificio.

El diseño del sistema solar está basado en los diseños del cliente de la estructura del techo y una medición de área disponible realizada en el sitio previamente. Hay dos superficies en la azotea para montar los paneles solares con una inclinación de 5 grados para un total de 255m² libre para la instalación de los paneles solares

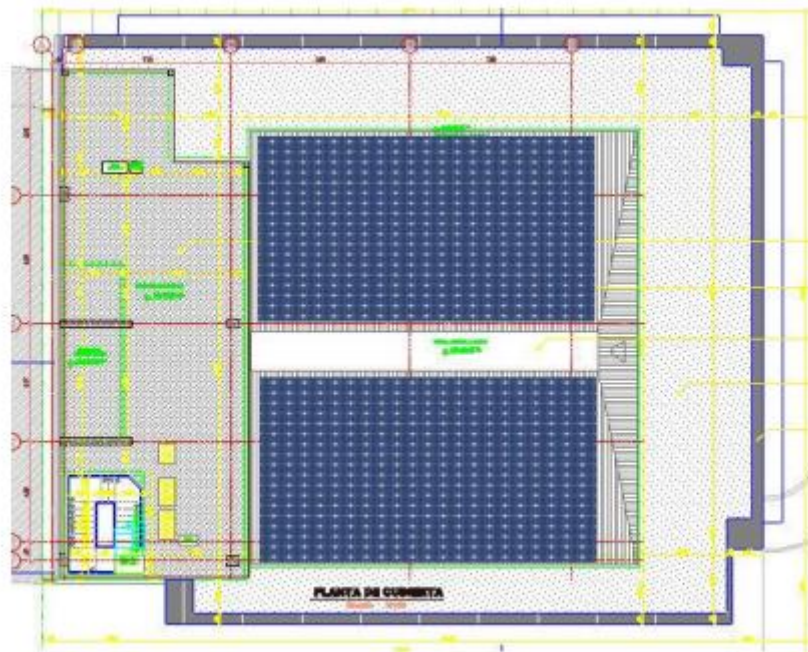


Ilustración 7. Planta cubierta del edificio en estudio
Fuente: Amarilo

Los paneles solares se instalaron en una orientación vertical en dos matrices fotovoltaicas como se muestra a continuación. El sistema de estanterías metálicas se ancló a la estructura del techo existente.

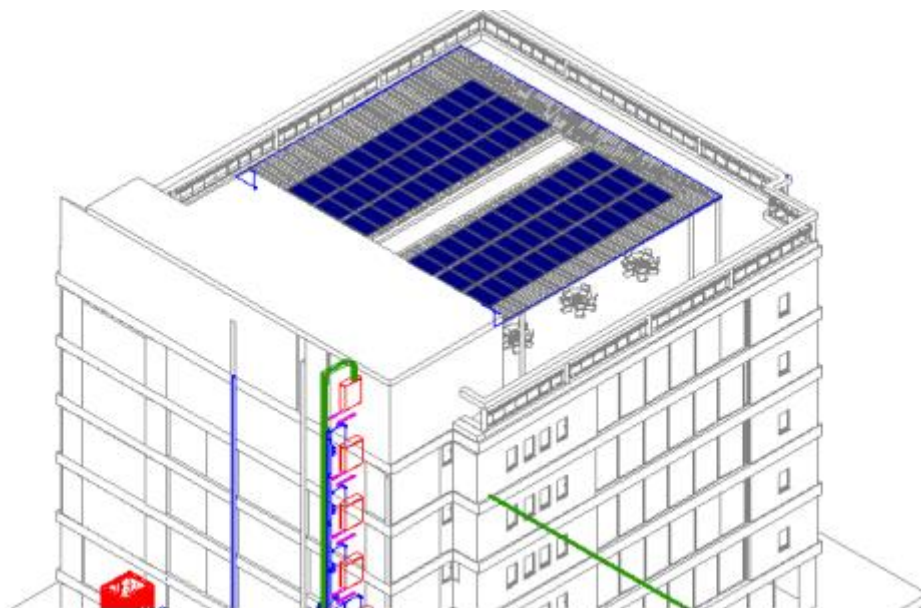



Ilustración 8. Esquema edificio de estudio

Fuente: Amarilo

Las características del sistema instalado son:

Tabla 4-1. Descripción de los componentes del sistema fotovoltaico del edificio de estudio

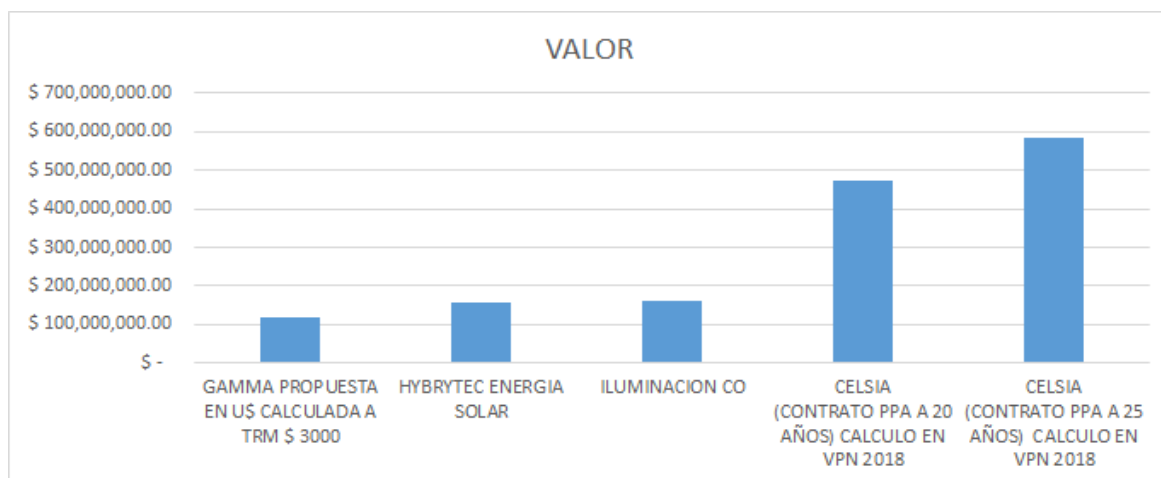
ELEMENTO	GRAFICO	DESCRIPCIÓN
Inversor		<p>Los inversores son Solaredge SE14.4KUS que trabajan al unísono con Solaredge Power Optimizers para producir 42.11MWh por año con un factor de rendimiento del 86.04%</p>

ELEMENTO	GRAFICO	DESCRIPCIÓN
Estructura sobre techo		
Sistema puesta a tierra		La puesta a tierra permite la protección de los equipos por medio de un conductor activo (tierra del sistema).
Suministro de Power Optimizer Solar Edge P730		Permite actualizaciones sencillas si un cliente desea agregar más paneles solares para generación, agregar almacenamiento de batería de respaldo, instalar cadenas en series desiguales o instalar paneles solares en varios ángulos.

Fuente: Elaboración Propia

4.2. EMPRESA INSTALADORA DEL SISTEMA DE PANELES SOLARES

Amarilo hizo un estudio de mercado cotizando la instalación del sistema de paneles solares con cuatro empresas, como son Celsia, Gmma, Hybrytec e Iluminación.co, las cuales presentaron las ofertas resumidas en la siguiente gráfica.



*Figura 1. Relación del costo ofertada por empresa
Fuente: Elaboración Propia*

La empresa ganadora en el proceso de selección fue Iluminación Co, esta compañía se dedica a la generación de soluciones en cuanto a energía en el campo de los paneles solares y cuenta con amplia experiencia a nivel nacional e internacional, además cuenta con un equipo de trabajo capacitado y certificado en PRINCE2 Project Management y ITIL Service Management, la empresa se está capacitando para LEED Green Associate y NABCEP Solar Certificaciones.

Iluminación.co oferto a Amarilo los siguientes beneficios:

Paneles LG que virtualmente remueven la pérdida de LID / PID, que normalmente oscila entre el 1%-2%, el diseño solo usa aproximadamente el 65% del espacio disponible para paneles solares con un peso total de 1693 Kg, no está limitado a un diseño de cadenas uniforme o al equilibrio de las restricciones del sistema, además plantearon la posibilidad de distribuir paneles solares en diferentes ángulos y azimuts y aun así mantener una alta eficiencia, también proveen al cliente la capacidad de mantener y controlar sus respectivas instalaciones, centralmente y en un nivel de panel solar individual.

Otras ventajas ofrecidas por la empresa a Amarilo son:

- Paneles solares LG NeON2, los cuales según LG son los más vendidos de su marca.
- La garantía de rendimiento lineal garantiza al menos un 90,08% de potencia de salida al final del año 25.
- El diseño de este proyecto en particular tiene un Factor de Eficiencia de 86,10% después de todas las pérdidas calculadas.

Otras empresas que participaron en la realización de este proyecto son:

Green Loop: Participó en calidad de asesora en cuanto a construcción sostenible. Green Loop es una compañía que integra servicios profesionales en diseño arquitectónico e ingeniería sostenible, consultoría en uso racional de energía, modelaciones energéticas y procesos de certificación para edificaciones sostenibles (LEED®), adicionalmente brinda asesoría a arquitectos, constructores, promotoras, industriales y productores, ayudándolos a visualizar el problema e identificar la mejor solución en términos de sostenibilidad.

LG: Su participación es indirecta, es la proveedora de los paneles del sistema.

Konrad Brunner Arquitectos: Se encargaron del diseño del edificio. Konrad Brunner fue premiado con el Lápiz de Acero, recibió el Award of Excellence in Design por el American Institute of Architects por el proyecto Centro de Entretenimiento Familiar para la Caja de Compensación Compensar, y varias de sus obras han sido seleccionadas para hacer parte de la Bienal Colombiana de Arquitectura.

En la revisión de su recorrido profesional su arquitectura siempre se ha destacado por la construcción de una autenticidad propia de cada proyecto, teniendo como característica principal un manejo limpio de cada diseño teniendo como prioridad la estética, pero siempre basándose en criterios de eficiencia, calidad y durabilidad. Konrad Brunner Arquitectos también ha diseñado proyectos en las áreas de hoteles, oficinas, centros comerciales, vivienda multifamiliar y unifamiliar, centros de salud, parques y recreación urbana, instalaciones industriales y diseños urbanos en el área de vivienda de interés social.



5. ENERGÍA CONVENCIONAL Y ENERGÍA SOLAR

En este capítulo se realiza una comparación cualitativa de las características de cada sistema, el desarrollo financiero y matemático se desarrolla en el capítulo No. 8, Evaluación Económica.

5.1. ENERGÍA CONVENCIONAL

Como ya fue mencionado la mayor cantidad de energía eléctrica en Colombia proviene de las hidroeléctricas y posteriormente del petróleo, es por esto que esta definición se basa en las características de la fuente de energía hídrica:

La energía hidroeléctrica necesita grandes cantidades de agua, para lo cual se construyen represas que permiten la acumulación generalmente sobre ríos, aunque en algunas zonas se destinan grandes extensiones de tierra y se inundan.

El principio de funcionamiento está en el transporte de agua por unas tuberías aguas abajo que generan energía potencial, el caudal vertido sobre las paletas de las turbinas generan el trabajo mecánico que se convertirá en energía eléctrica.

Una de las ventajas de este sistema es la capacidad de responder rápidamente a los picos de demandas, sin embargo, el impacto ambiental generado sobre el ecosistema que se altera para generar las cantidades de agua necesarias es alto además de la dependencia de lluvias regulares ya que durante fenómenos como el del Niño el país se vio bastante afectado en materia energética. (Secretaría de energía, 2008)

5.1.1. ENERGÍA SOLAR

Esta energía proviene del sol y puede ser térmica o fotovoltaica, la presente investigación se enfoca en la energía fotovoltaica.

“La tecnología fotovoltaica busca convertir directamente la radiación solar en electricidad. Basada en el efecto fotoeléctrico, en el proceso emplea unos dispositivos denominados celdas fotovoltaicas, los cuales son semiconductores sensibles a la luz solar; de manera que cuando se expone a esta, se produce en la celda una circulación de corriente eléctrica entre sus dos caras. Los componentes de un sistema fotovoltaico dependen del tipo de aplicación que se considera (conectada o no a la red) y de las características de la instalación”. (Secretaría de energía, 2008)

5.1.2. RADIACIÓN SOLAR EN BOGOTÁ

La radiación solar que recibe determinada superficie depende de factores como:

- Latitud: Existe una menor radiación solar, mientras haya una mayor distancia de la línea ecuatorial.
- Altura sobre el nivel del mar: a mayor altura sobre el nivel del mar, mayor radiación.
- Orografía: Se refiere a las elevaciones que puedan existir en una zona en particular. Por ejemplo, los valles profundos tienen menor radiación solar.
- Nubosidad: El incremento de nubes disminuye la radiación solar.
- Movimiento de traslación del planeta: Este es el movimiento que realiza el planeta Tierra al girar alrededor del sol. (construcciones, 2020)

Por lo anterior, se entiende que Colombia cuenta con un lugar privilegiado al estar posicionado tan cerca de la línea ecuatorial, es así como, las zonas que reciben mayor intensidad de radiación solar global en Colombia, superiores a los 4,5 kWh/m² por día son: la región Caribe, las Islas de San Andrés y Providencia, amplios sectores de Vichada, Arauca, Casanare, Meta, el norte y oriente de Antioquia, el norte y centro de Norte de Santander, el suroriente de Santander, el centro y norte de Boyacá, el norte de Cundinamarca, el sur y oriente del Tolima, el norte del Huila, la zona que se inicia al centro del Cauca, atraviesa el Valle del Cauca de sur a norte y llega hasta el eje cafetero y el sector del norte de Nariño.

Por otro lado, los valores más altos (superiores a los 5,5 kWh/m² por día) se presentan en sectores de La Guajira y en el norte de Atlántico, Bolívar y Magdalena. Las zonas con menor intensidad de radiación solar global en Colombia, con promedios inferiores a los 3,5 kWh/m² por día, se presentan en amplios sectores de Chocó, occidente de Putumayo y Valle del cauca, suroriente de Cauca, oriente de Nariño y muy pequeños sectores de Cundinamarca, Caquetá y Santander. (<https://www.hgingeneria.com.co/radiacion-solar-en-colombia/>)

La entidad encarga a nivel nacional de controlar los niveles de radiación solar (entre muchos otros factores climatológicos) es el IDEAM, el cual cuenta con numerosas estaciones meteorológica a nivel nacional; Esta entidad, se ha dado a la tarea de reunir la información de radiación solar de sus estaciones y de las de otras corporaciones, con el fin de generar mapas de radiación solar promedio mensuales y anuales en el territorio nacional.

Esta información es presentada en forma de mapas interactivos de los cuales se obtuvo la siguiente figura:

Mapa interactivo de radiación en Colombia

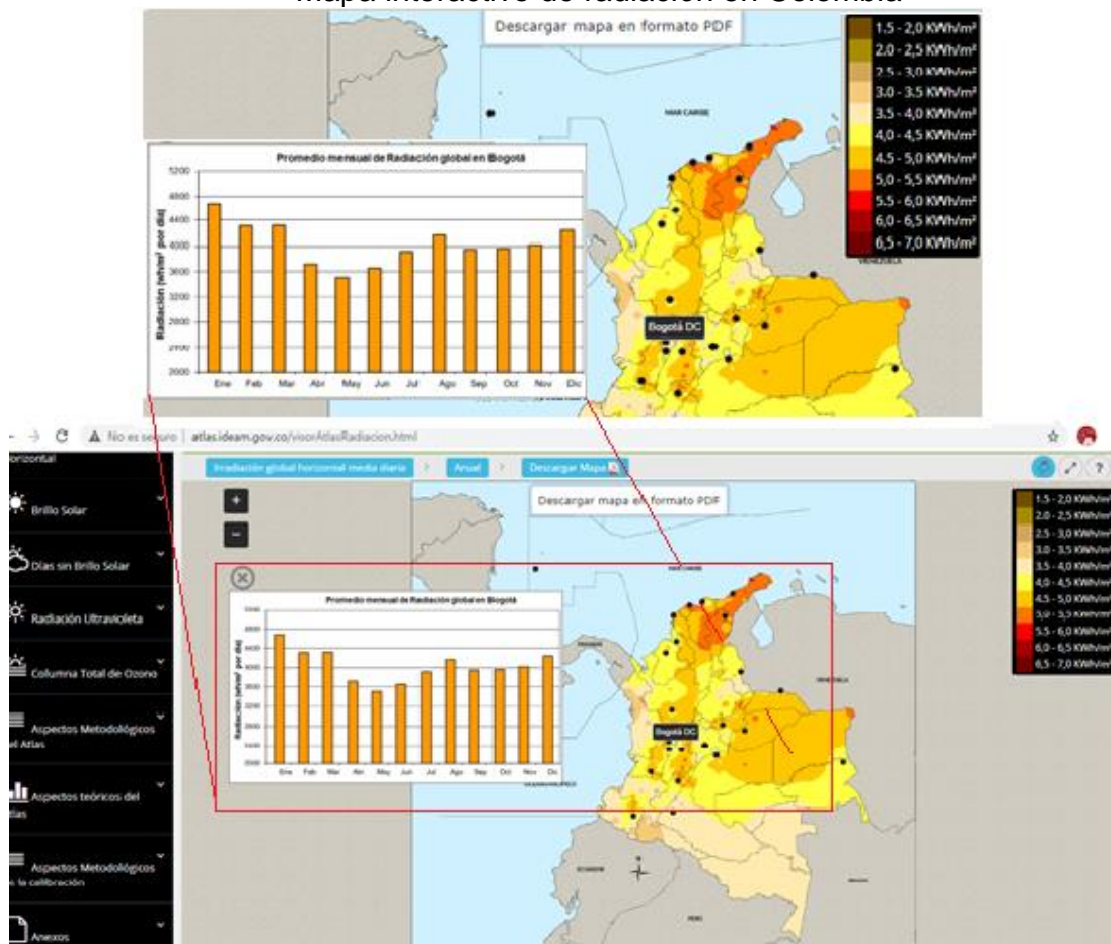


Ilustración 9. Mapa IDEAM de radiación solar en Bogotá
Fuente: Mapas Interactivos IDEAM

Como se puede observar, Bogotá presenta niveles de radiación promedio con respecto a lo presentado en el país, donde su valor más alto está cerca de 4.68 kWh/m² para el mes de enero, como se muestra en la tabla.



Tabla 5. Niveles mensuales de radiación Bogotá

Municipio	Departamento	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m.)	Entidad	ENE	FEB	MAR	ABR
Medellín	Antioquia	6,22	-75,58	1490	IDEAM (conv.)	4382,6	4409,5	4295,7	4165,2
Arauca	Arauca	7,07	-70,73	128	IDEAM (conv.)	5156,3	4484,1	4617,1	4371,2
Barranquilla	Atlántico	11,04	-74,82	2	IDEAM (aut.)	6383,8	6369,2	6804,4	6072,2
Cartagena	Bolívar	10,43	-75,50	2	IDEAM (conv.)	5987,7	6412,9	6378,8	6012,8
Tunja	Boyacá	5,55	-73,35	2690	IDEAM (conv.)	5688,1	5184,2	4695,9	4678,5
Manizales	Caldas	5,09	-75,51	2207	IDEAM (aut.)	3943,7	3849,3	3695,8	3657,8
Florencia	Caquetá	1,50	-75,66	257	IDEAM (aut.)	4083,3	3937,4	3349,6	3485,3
Yopal	Casanare	5,32	-72,38	330	IDEAM (aut.)	5760,7	5339,7	4701,4	4569,8
Valledupar	Cesar	10,46	-73,25	184	IDEAM (aut.)	5420,1	5685,3	5317,3	5441,3
Montería	Córdoba	8,81	-75,85	17	FEDEARROZ	4345,6	4389,8	4371,3	4173,9
Bogotá	Cundinamarca	4,71	-74,15	2541	IDEAM (conv.)	4681,9	4312,7	4322,2	3716,7
Puerto Inirida	Guainía	4,02	-67,67	90	IDEAM (SUTRON)	4500,1	4327,1	3939,4	4140,2
Neiva	Huila	2,93	-75,28	439	IDEAM (conv.)	4836,0	4700,4	4590,5	4628,9
Riohacha	La Guajira	11,52	-72,92	4	IDEAM (conv.)	5202,8	5556,0	5761,0	5898,3
Santa Marta	Magdalena	11,22	-74,19	7	IDEAM (aut.)	5539,4	5904,8	5855,5	5756,4

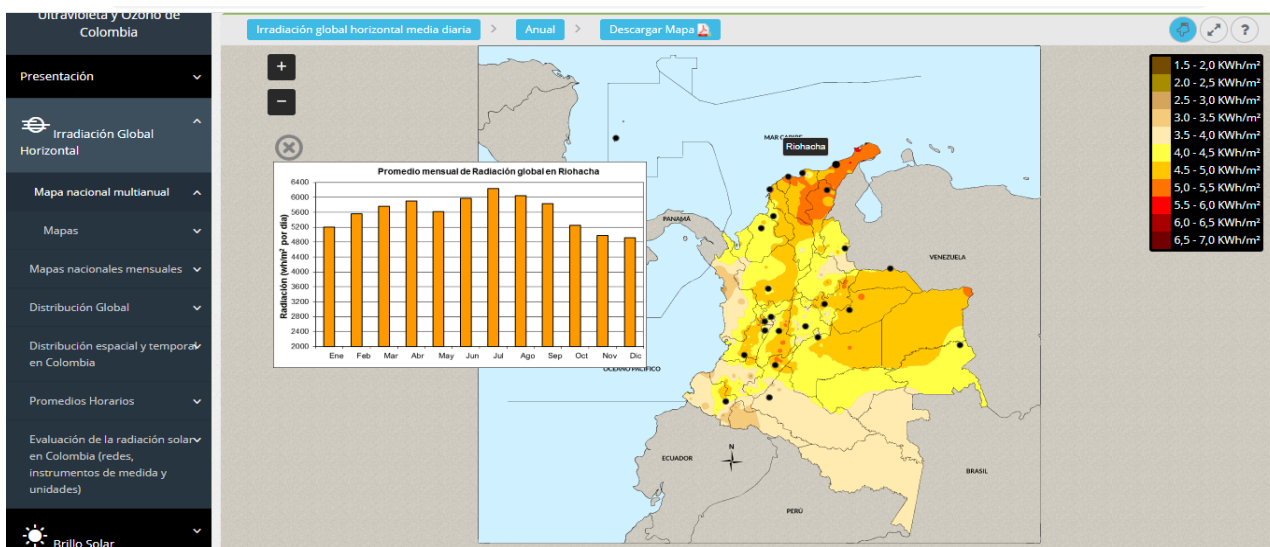


Ilustración 10. Mapa IDEAM de radiación solaren Guajira
Fuente: Mapas Interactivos IDEAM

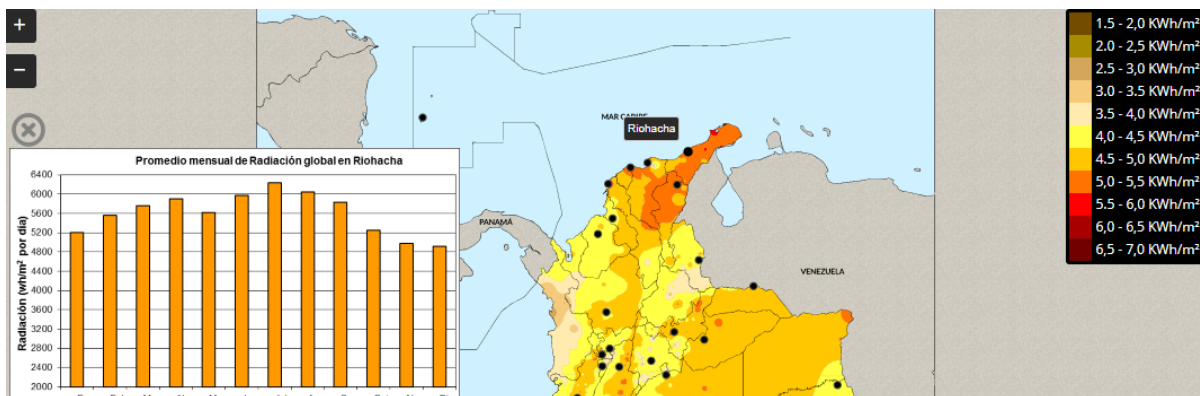


Ilustración 11. Mapa IDEAM de radiación solaren Guajira
Fuente: Mapas Interactivos IDEAM



La Guajira es la zona del país que presenta la radiación solar más alta, es el único lugar del territorio nacional que muestra niveles de 5.5 kWh/m² a 6.0 kWh/m², donde su valor más alto está cerca de 6.24 kWh/m² para el mes de julio, como se muestra en la tabla

Tabla 5-1. Niveles mensuales de radiación en la Guajira

Departamento	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m.)	Entidad	Valor promedio (Wh/m ² pc)						
					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Antioquia	6,22	-75,58	1490	IDEAM (conv.)	4382,6	4409,5	4295,7	4165,2	4050,5	4321,6	4668,1
Arauca	7,07	-70,73	128	IDEAM (conv.)	5156,3	4484,1	4617,1	4371,2	4292,6	4204,0	4299,1
Atlántico	11,04	-74,82	2	IDEAM (aut.)	6383,8	6369,2	6804,4	6072,2	5971,7	5968,9	6266,6
Bolívar	10,43	-75,50	2	IDEAM (conv.)	5987,7	6412,9	6378,8	6012,8	4951,4	4988,7	5644,2
Boyacá	5,55	-73,35	2690	IDEAM (conv.)	5688,1	5184,2	4695,9	4678,5	4282,1	4092,7	4299,9
Caldas	5,09	-75,51	2207	IDEAM (aut.)	3943,7	3849,3	3695,8	3657,8	3461,1	3546,0	4074,1
Caqueta	1,50	-75,66	257	IDEAM (aut.)	4083,3	3937,4	3349,6	3485,3	3084,8	3204,2	3137,7
Casanare	5,32	-72,38	330	IDEAM (aut.)	5760,7	5339,7	4701,4	4569,8	4296,0	4240,9	4186,0
Cesar	10,46	-73,25	184	IDEAM (aut.)	5420,1	5685,3	5317,3	5441,3	5253,8	5388,7	5517,8
Córdoba	8,81	-75,85	17	FEDEARROZ	4345,6	4389,8	4371,3	4173,9	3873,2	4337,5	4770,2
Cundinamarca	4,71	-74,15	2541	IDEAM (conv.)	4681,9	4312,7	4322,2	3716,7	3506,0	3658,9	3917,3
Guainía	4,02	-67,67	90	IDEAM (SUTRON)	4500,1	4327,1	3939,4	4140,2	3634,7	3628,7	3542,4
Huila	2,93	-75,28	439	IDEAM (conv.)	4836,0	4700,4	4590,5	4628,9	4552,2	4550,1	4509,7
La Guajira	11,52	-72,92	4	IDEAM (conv.)	5202,8	5556,0	5761,0	5898,3	5618,0	5975,8	6237,6
Magdalena	11,22	-74,19	7	IDEAM (aut.)	5539,4	5904,8	5855,5	5756,4	5698,0	5402,9	5370,9
Meta	4,15	-73,62	423	IDEAM (conv.)	4784,9	4514,5	4337,1	4565,8	4699,2	4650,1	4542,9
Nariño	1,16	-77,28	2820	IDEAM (aut.)	3749,1	3499,2	3497,4	3668,8	3685,8	3715,9	3897,4

Fuente: Atlas de radiación solar Colombia
<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

La radiación solar es la fuente de energía que carga los paneles fotovoltaicos y se convierte en electricidad, de allí la importancia de mencionarla en este estudio; teniendo en cuenta que las condiciones óptimas para el funcionamiento de un panel son: radiación de 1kWh/m², 25°C y 1.5 AM, y basándose en la información anterior, se podría decir, que la efectividad de los paneles será mayor en la Guajira además que para cubrir una misma demanda de energía se necesitaran menor número de paneles en la Guajira que en Bogotá. (IDEAM, 2021)

5.1.3. INCIDENCIA DE LA SOMBRA

De los factores externos que afectan el funcionamiento de los paneles solares encontramos el sombreado, que se da cuando se obstaculiza la luz que da sobre el panel, este efecto se puede dar por diferentes elementos como árboles, otras estructuras cercanas o cualquier agente externo que impida que el panel capte directamente la radiación y lo que disminuye su efectividad. Un sistema de paneles solares, que está bajo los efectos de sombreado recibe menos energía y de forma no equitativa, lo que como resultado genera fluctuaciones en la potencia entregada la cual genera daños en los elementos del sistema fotovoltaico como el inversor o las baterías.

Para el edificio de estudio, se conoce que los paneles se instalaron en el techo del



edificio y como se muestra en las siguientes imágenes, no hay estructuras cercanas que generen este efecto de sombreado, ni se esperan dado el uso de suelo de esta zona:

Ubicación geográfica Edificio corporativo



Ilustración 12. Vista área del edificio de estudio_ paneles sin obstáculos alrededor
Fuente: Google Earth

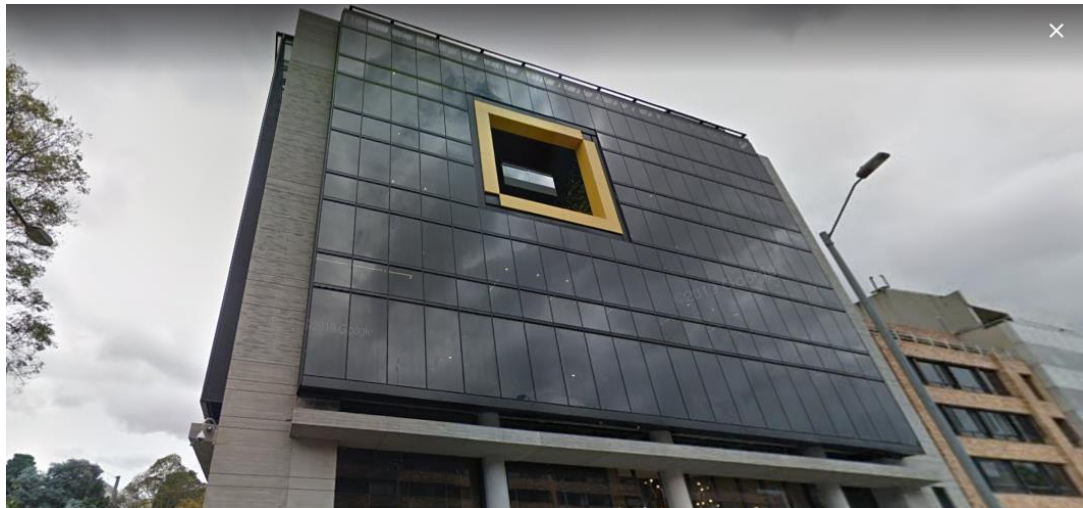


Ilustración 13. Imagen real del edificio de estudio_ paneles sin obstáculos alrededor
Fuente: Google Earth

Así mismo, se conoce que los paneles son instalados en un ángulo que permita la mayor captación de radiación según el movimiento del sol alrededor de la tierra.



Por otro lado, el análisis mensual de nubosidad realizado por el IDEAM muestra la nubosidad promedio en Bogotá, determinando que en los meses de enero y febrero presentan los cielos más despejados durante todo el año, con un 20% de nubosidad en el cielo del total en el mes, permitiendo, por lo tanto, alcanzar hasta el 67% de cielos despejados o parcialmente cubiertos, lo que es consecuente con los resultados del estudio de radiación.

Dado que los cielos Bogotanos, en especial entre abril, mayo, junio y octubre, son nublados, se requieren los optimizadores que se agregan al sistema de paneles, para garantizar su eficiencia. (Estudio de la clasificación climática de Bogotá, cap. 4.6, IDEAM)

5.2. PARÁMETROS DE COMPARACIÓN

Los parámetros más importantes para realizar una comparación efectiva dentro del análisis de costo beneficio son los que se destacan a continuación

Costos de instalación

Este parámetro se considera relevante en la elaboración del análisis costo beneficio, debido a que la inversión inicial de sistemas renovables se considera alto; los precios que se presentan en el análisis costo- beneficio capítulo 8 son resultado de cotizaciones realizadas en diferentes empresas dedicadas al comercio y venta de los artículos, a la instalación y mantenimiento de los sistemas en los que se tiene en cuenta dos tipos de paneles los policristalinos y monocristalinos.

Mantenimientos preventivos

Para conservar el sistema fotovoltaico en un edificio de este tipo se vuelve elemental el cuidado y mantenimiento preventivo y si se diera el caso mantenimientos correctivos, si no fuera de esta manera el sistema deja de ser rentable, ya que cualquier daño en alguno de sus elementos puede generar un costo adicional que es totalmente evitable por medio de un plan de operación y mantenimiento. A pesar de que un sistema fotovoltaico requiere menor mantenimiento que un sistema convencional no lo hace exento de este, sin embargo, siempre hay que tener en cuenta que un sistema que no funciona correctamente siempre va a generar costos.

A nivel de referencias internacionales el costo del mantenimiento anual de un sistema FV, esta entre el 0.5% y el 2% de la inversión, es decir que tomando la inversión del caso estudio de \$195.000.000 tendríamos un costo de mantenimientos anuales entre \$975.000 y \$3.500.000 lo anterior debe incluir ciertos requerimientos para el contratista como lo son experiencia en proyectos mayores a 5kw, instrumentos y herramientas, seguridad ocupacional y documentación. (Chile, 2021)

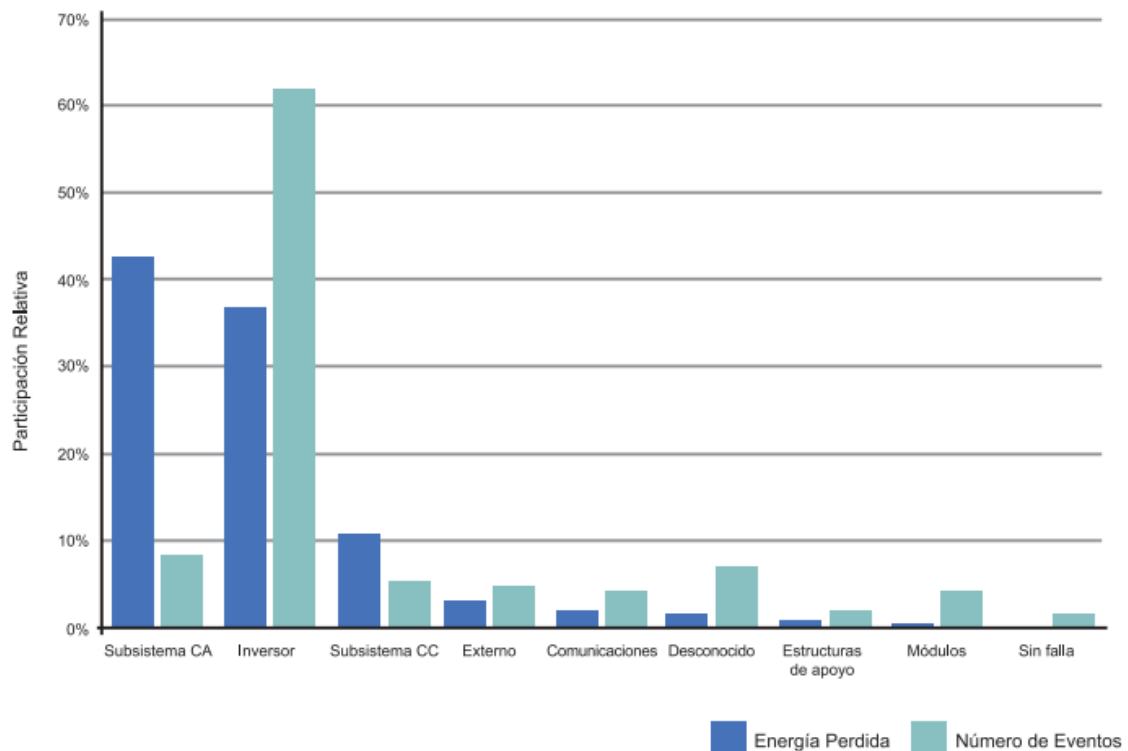


Figura 2. Frecuencia de fallos y porcentaje de pérdida de energía

Fuente: Guía de mantenimiento chile

Cálculo del ahorro anual

Sin duda el parámetro más importante es el ahorro anual que se tendrá en el momento en que entre en funcionamiento el sistema, está representado en la disminución del cobro en la factura de electricidad mensual

Beneficios económicos

Adicional al ahorro mensual, se tiene en cuenta los beneficios estatales que brinda el gobierno para fomentar la implantación de sistemas de energía renovable, y la posibilidad de vender energía a la red pública.

5.3. RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN

5.3.1. RESULTADOS ECONÓMICOS

Desde el punto de vista económico, la inversión realizada en la implementación de este tipo de paneles es alta, sin embargo, el tiempo de retorno se estima de 6 a 9 años, a partir de allí se generarán ganancias, esto teniendo en cuenta únicamente el ahorro en cuanto al pago de energía eléctrica si a esto se le suma los beneficios



tributarios ofrecidos por el estado, se maximizarán sus bondades.

5.3.2. RESULTADOS TÉCNICOS

En cuanto al aspecto técnico, el diseño de redes eléctricas tiene claramente un mayor campo de acción por ende también su instalación se creería más sencilla, necesita menos espacio y puede estar totalmente oculta, por otro lado, la instalación de paneles solares requiere de cierta área para la colocación de estos y estos deben poder recibir los rayos directos del sol para su funcionamiento.

6. BENEFICIOS DEL SISTEMA DE PANELES SOLARES

6.1. BENEFICIOS ECONÓMICOS Y TRIBUTARIOS

La ley 1715 de 2014 define en su capítulo 3 los beneficios tributarios para quienes invierten en energías renovables, entre los cuales se encuentran:

1. Artículo 11. “Los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en este sentido, tendrán derecho a deducir de su renta, en un período no mayor de 15 años, contados a partir del año gravable siguiente en el que haya entrado en operación la inversión, el 50% del total de la inversión realizada.
2. Artículo 12. “Para fomentar el uso de la energía procedente de FNCE, los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la preinversión e inversión, para la producción y utilización de energía a partir de las fuentes no convencionales, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos estarán excluidos de IVA”.
3. Artículo 13. “INCENTIVO ARANCELARIO. Las personas naturales o jurídicas que a partir de la vigencia de la presente ley sean titulares de nuevas inversiones en nuevos proyectos de FNCE gozarán de exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de preinversión y de inversión de proyectos con dichas fuentes. Este beneficio arancelario será aplicable y recaerá sobre maquinaria, equipos, materiales e insumos que no sean producidos por la industria nacional y su único medio de adquisición esté sujeto a la importación de estos”.
4. Artículo 14. “INCENTIVO CONTABLE DEPRECIACIÓN ACELERADA DE ACTIVOS. La actividad de generación a partir de FNCE, gozará del régimen de depreciación acelerada.
La depreciación acelerada será aplicable a las maquinarias, equipos y obras civiles necesarias para la preinversión, inversión y operación de la generación con FNCE, que sean adquiridos y/o construidos, exclusivamente para ese fin, a partir de la vigencia de la presente ley. Para estos efectos, la tasa anual de depreciación será no mayor de veinte por ciento (20%) como tasa global anual. La tasa podrá ser variada anualmente por el titular del proyecto, previa comunicación a la DIAN, sin exceder el límite señalado en este artículo, excepto en los casos en que la ley autorice porcentajes globales mayores.”
(Secretaría del Senado, 2014)

Tomando algunos beneficios de esta ley se obtendrían las siguientes ganancias:

A. Deducción Especial:

Tabla 6-1. Deducción Especial

INVERSIÓN AÑO 2018	\$195.473.130
RETORNO DE LA INVERSIÓN ANUAL	\$23.748.912
RETORNO ESPERADO EN 15 AÑOS	\$356.233.680
LA UTILIDAD ESPERADA DEL SISTEMA EN 15 AÑOS SERIA	\$160.760.550
SEGÚN LA REVISTA DINERO EL IMPUESTO SOBRE LA RENTA PARA UNA EMPRESA GRANDE ESTA ALREDEDOR DE:	\$0
ASÍ, SOBRE LA UTILIDAD OBTENIDA POR EL PROYECTO EN 15 AÑOS SE TENDRÍA UN IMPUESTO DE	\$26.203.970
EL AHORRO QUE SE OBTIENE EN CUANTO A ESTE IMPUESTO SERIA DEL 50%	\$13.101.985

B. Exclusión del Impuesto de la renta:

Tabla 6-2. Exclusión del Impuesto de la renta

INSUMO	DESCRIPCIÓN DE ÍTEM		PROPONENTES	
			ILUMINACIÓN CO	
	NOMBRE	ALCANCE	VR. UNIT	V. TOTAL
26882	Panel Solar de 85W Inversor de 250 W de 12V			
	Panel Solar policristalino 275 wp	DISEÑO, INFRAESTRUCTURA, TECNOLOGÍA, EQUIPOS, INSTALACIÓN	\$122.681.997	\$122.681.997
	Inversor			
	Estructura sobre techo			
	Materiales nacionales			
	Sistema puesta a tierra			
	Acometida DC			
	Acometida AC			
	Gabinete			
	Transporte			
	Suministro de Power Optimizer Solar Edge P730		\$ 435,787.00	\$ 33,991,386.00
	TOTAL MANO DE OBRA		\$38.799.747	\$38.799.747
	TOTAL SUMINISTRO		\$156.673.383	\$156.673.383
	TOTAL FINAL			195,473,130.00
	IVA		19%	\$29.767.943
	ANEXOS QUE APLICA	ANEXO 2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		195,473,130.00

CONCEPTO	VLR DE COMPRA+IMPUESTO	DIFERENCIA
SIN INCENTIVO	\$156.673.383	\$29.767.943
CON INCENTIVO	\$126.905.440	

Adicionalmente, se obtiene un ahorro en la factura periódica del consumo de energía convencional, o si se instala un sistema completo y dependiendo de las condiciones de radiación solar de la zona del proyecto, se podría incluso vender energía al sector público.

6.2. BENEFICIOS AMBIENTALES

Los beneficios ambientales, son la mayor motivación del fomento de estas energías renovables, algunos beneficios encontrados son:

1. Ahorro en el consumo de energía proveniente de hidroeléctrica, la posible migración a otro tipo de fuentes de energía como la solar, disminuye el impacto ambiental que genera la acumulación de grandes cantidades de agua ya sea por desvío de los cauces naturales de los ríos o por la inundación de zonas secas.
2. Ahorro de combustibles fósiles: La instalación de energías renovables, no solo en construcción sino en otros sectores como el automovilístico, reducen el consumo de combustibles fósiles
3. Reducción de emisiones de efecto invernadero: El beneficio más importante es la reducción en emisiones de CO₂ y sus efectos tanto para la salud humana como ambiente.
4. Entre menor explotación y deforestación, mayor estabilidad tendrán los suelos, esto reduce la probabilidad de deslizamientos, inundaciones e incluso el impacto de desastres naturales sobre la vida humana.
5. Reducción de impactos en la salud: Claramente, si se reducen las emisiones de CO₂, mejorará la calidad del aire y por ende la salud de las poblaciones de las zonas de influencia de los proyectos desarrollados.
6. El uso de energías renovables como la solar, contribuye a la desaceleración del cambio climático.
(UPME, 2015)

6.3. DESVENTAJAS DEL SISTEMA

Algunas desventajas encontradas en el uso de sistemas de energía solar son:

- Aunque el sistema de paneles solares tiene múltiples beneficios, sin duda su costo inicial representa una desventaja, en especial para empresas pequeñas o casas de familia.
- La producción de energía no es constante, ya que depende de las condiciones climáticas diarias y por ende de la exposición que el panel tenga

a los rayos del sol, lo que lo hará más útil en ciudades con mayor recepción de radiación solar.

- Almacenar la energía es un costo adicional al sistema el cual también resulta ser alto.
- El espacio necesario para captar la energía suficiente según se requiera, la instalación de los paneles requiere de áreas de gran tamaño.
(Multimedia, 2016)

7. PROPUESTA ECONÓMICA

7.1. COTIZACIÓN REALIZADA 2018

La propuesta económica se planteó tomando como base la cotización realizada para Amarillo por la empresa Iluminación.co, llevando a valor presente los valores descritos con las mismas características.

Tabla 7-1. *Propuesta económica*

Requerimientos de proyecto según capacidad	ITEM	ILUMINACION CO
Energía - PV	Modelo	LG400N2W-A5
	Tecnología	Monocristalino
	Potencia Instalada (kW)	31,2
	Numero de Paneles (und)	78
	Potencia por panel (w)	400
	Application Class	Class A
	Inclinacion	5°
	Tolerancia de salida de modulo solar (%)	0+3%
	LID - PID	0,50%
	Area (m2)	162
	Configuración sistema	13 módulos/ 6 Cadenas
	Eficiencia panel (%)	19,3
	Eficiencia a 10 y 25 años	95% a 10 años - 84.8% a 25 años
	Certificación Panel	IEC 61701 / IEC 61215 / IEC 62716 / IEC 61730-1,-2 / UL1703 / ISO9001
	Número de conductores por celda	12

Requerimientos de proyecto según capacidad	ITEM	ILUMINACION CO
	IP panel	IP68
	Diodos de Bypass	3
	Tier fabricante	Tier I
	Certificación IEC 61215	Si
	Certificación IEC 61701	Si
	Tipo de inversor y configuración	2x Solaredge SE14.4KUS y 78 optimizadores de energía
	Numero de inversores	2
	Modelo	SE14.4KUS
	Voltaje por alimentar	208V AC 3 FASES 60HZ
	IP	IP65
	Conexión entre inversores	AC DISCONNECT SWITCH BOX RS485
	Certificación inversor	NEMA3R, UL1741, UL1741 SA, UL1699B, IP65
	Continuous rating	40A por fase
	MPPT	(78) 99.5% en cada optimizador de energía
	Peso	21.7 kg/un = 1693 kg. 10.45 Kg/m2
	Tipo de Onda	PURE SINE WAVE
	Eficiencia Inversor - Curva (%)	97,31%
	Distorsion Armonica Total (THD - %)	Menor 3%
	Potencia Stand BY	4W
	Interfaz	ETHERNET
	Datalogger	N.A
	Power optimizer	Solaredge Optimizer P730US (78 un)
	Fichas técnicas por elemento	Anexos
	Irradiación GH kWh/m2	1571
	Producción de energía (MWh/año)	42.11 MWh/año INYECTADA
	Factor Rendimiento (PR) %	86,00%
	Curva de producción - eficiencia	Si
	Pruebas de implementación	Si (5 veces)
	Costo Inversión Inicial (sin IVA)	52778 USD = 158'333.235 COP
	Precio kW	186 COP / KWh
	Costo operación en años	9 años
	Vida Útil	25 años

Requerimientos de proyecto según capacidad	ITEM	ILUMINACION CO
	Simulación	Si (3 veces: PVSYST, Helios cope, Solaredge Designer)
	Ley 1715	Si
	ANCLAJE	Se requieren perforaciones en la estructura existente
	Otros	Sistema de Monitoreo desde cualquier parte
	MANTENIMIENTO	650.000 MCTE Incluye: Limpieza de módulos fotovoltaicos, inspección y revisión de las estructuras de soporte, optimizadores, chequeo del sistema eléctrico, inspección y limpieza de los inversores, revisión de los equipos de ventilación y gabinetes eléctricos, sistema de monitoreo.
	VALOR DE LA PROPUESTA EN 2018	\$195.473.130,00
	TASA DE INTERÉS ANUAL (BANCO DE LA REPÚBLICA)	1,75%
	VALOR PROPUESTA EN 2020	\$202.374.553,20

Fuente: Ajuste de la tabla de Amarillo

7.2. COTIZACIONES VALORES UNITARIOS 2021

Se realizaron cotizaciones en el centro de la ciudad de Bogotá para cada elemento a manera unitaria para tener una aproximación del valor actual de la implementación de un sistema fotovoltaico, donde dos empresas dieron sus costos representados en las siguientes graficas de manera totalizada y unitaria.

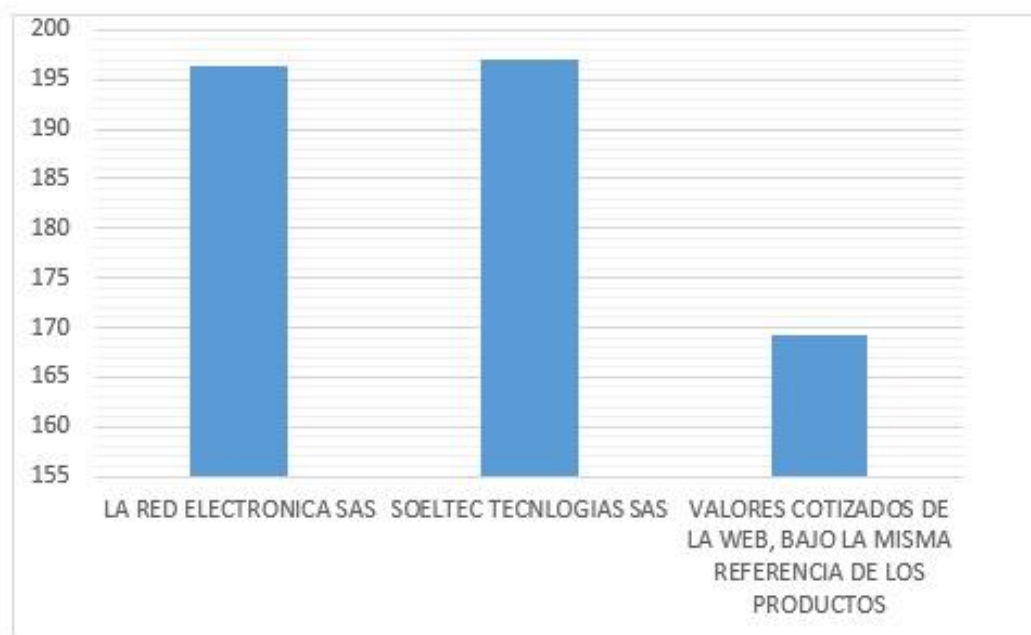


Figura 3. Comparativo por empresas mercado informal
 Fuente: Propia

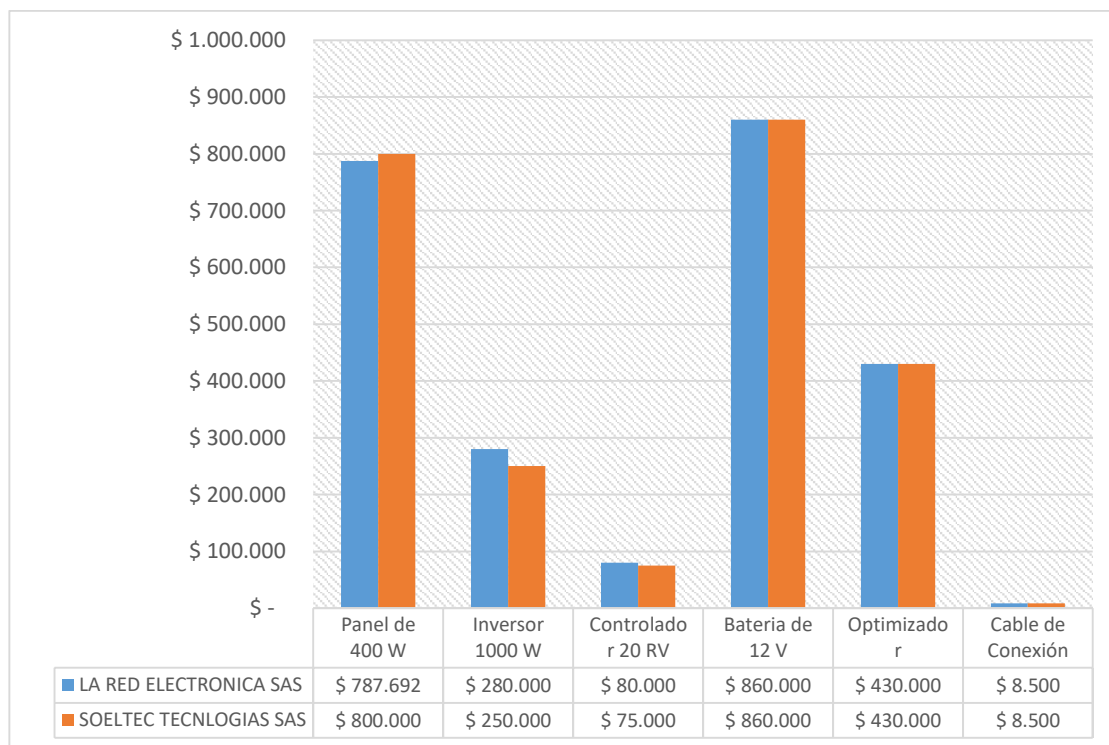


Figura 4. Valor por precios unitarios del sistema
 Fuente: Elaboración Propia

8. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para empezar la evaluación económica de la implementación de un sistema de paneles solares en un edificio de oficinas en la ciudad de Bogotá, se presentan las propuestas realizadas por cuatro empresas a Amarilo, empresa dueña del edificio.

Estas empresas son Celsia, Gmma, iluminación.co, Hybrytec energía solar, a continuación, se muestra las principales características de la oferta de cada empresa:

En la siguiente figura se presenta la relación de las principales características de las ofertas presentadas por tres de las cuatro empresas, (Hybrytec no relaciona mucha información en su oferta).

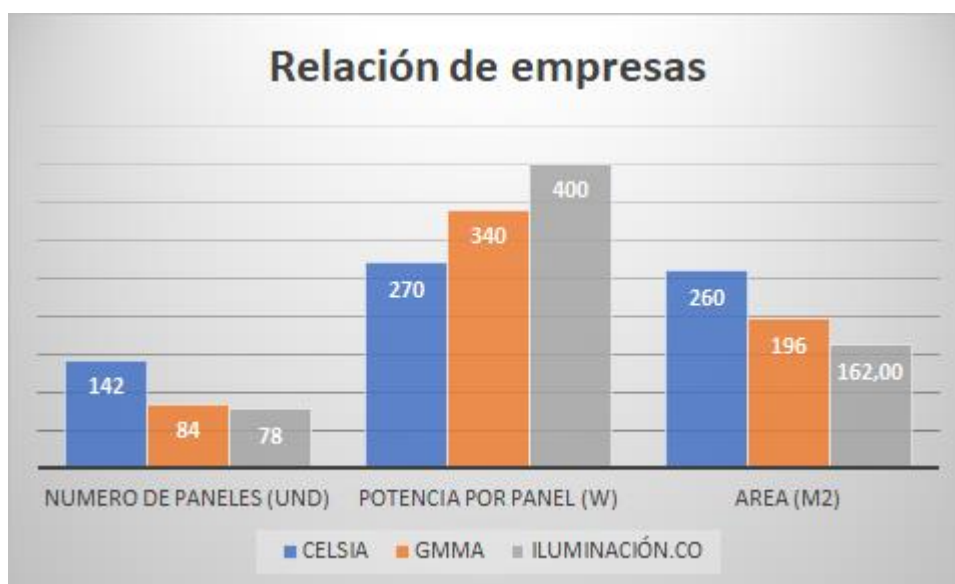
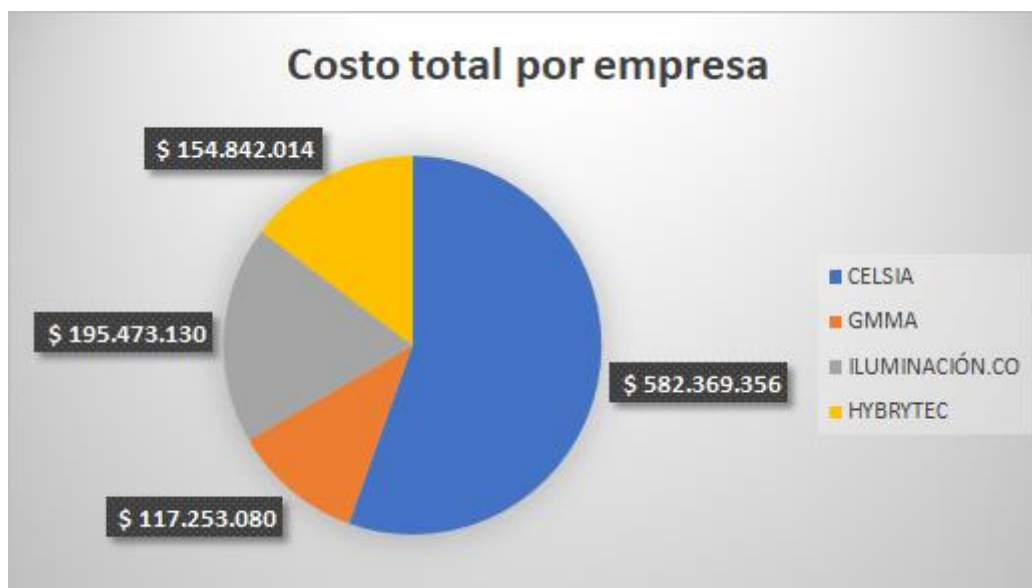


Figura 5. Relación de la oferta por empresa
Fuente: Elaboración Propia

Así mismo en la siguiente figura, se demuestra la relación de costo entre las empresas participantes, donde se evidencia que la diferencia de costo respecto a Celsia es bastante alta.



*Figura 6. Costo ofertado por empresa
Fuente: Elaboración Propia*

Así mismo, el costo previsto por el cliente era de \$412.178.531 el cual contempla el DISEÑO, INFRAESTRUCTURA, TECNOLOGÍA, EQUIPOS, INSTALACIÓN, la empresa celia supera el presupuesto inicial del cliente, mientras que la empresa Hybrytec no presenta la mayoría de información.

La empresa Iluminación.co ofertó también el mantenimiento y los optimizadores que permiten que el sistema sea más eficiente, adicionalmente, Iluminación.co ofreció mayor potencia por panel en menor área y otros beneficios que la hicieron ganadora del proceso de selección (los demás detalles de la empresa se encuentran en el capítulo 1 del informe).

Nota: El tipo de panel escogido es modelo LG400N2W-A5 monocristalino.

ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO EDIFICIO CORPORATIVO AMARILO

Para el análisis de la evaluación económica que presentamos se divide en cuatro fases, las cuales más adelante se presenta una a una con sus respectivos cálculos y tablas:

1. Se inicia con el cálculo de cuánta energía genera un sistema fotovoltaico, dato esencial para dimensionar y cuantificar las cantidades de paneles solares requeridos por el área del edificio.

Conceptos básicos sobre las unidades de medida que se manejan en los sistemas fotovoltaicos:

- kWp o kilovatio de pico, la Potencia Pico es la potencia máxima que genera un panel o conjunto de paneles en las horas de máxima insolación: 1000 w/m² (energía incidente por metro cuadrado) y a 25°C de temperatura ambiente.

kWp = Unidad de potencia fotovoltaica.

1 kWp genera aprox. 18000 kWh al año.

Cuatro paneles de 250 Wp = 1 kWp. aprox. 7m²

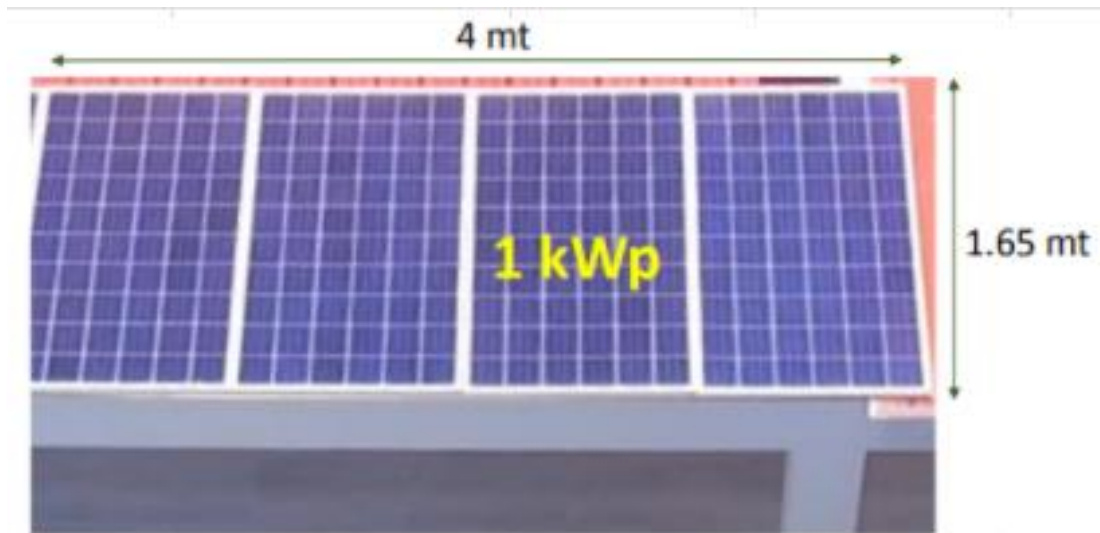


Ilustración 14. Potencia paneles solares

Fuente: <https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/imagesf>

2. Seguido de esto se necesita la información sobre el consumo de energía de 12 meses del edificio corporativo de Amarilo, para tener así el consumo total anual y a partir de esa información poder comparar el mes a mes contra un consumo con un sistema de paneles solares y poder obtener también el valor del ahorro mensual y anual.

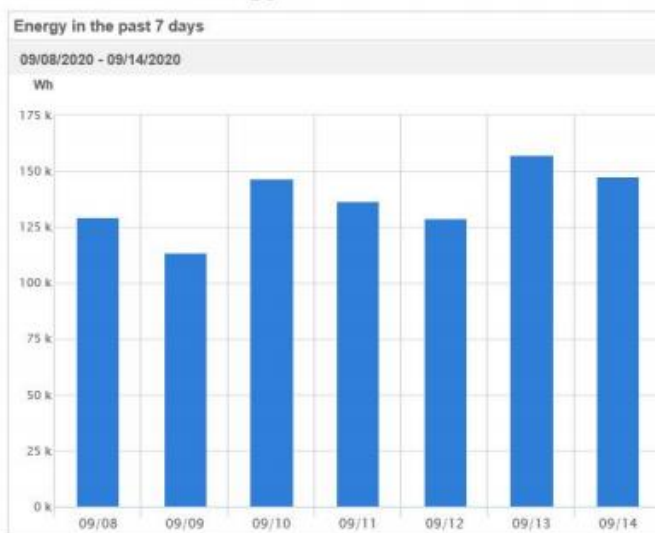
La siguiente información suministrada por la empresa Amarilo S.A.S, respecto a uno de sus consumos mensuales en este caso para el mes de septiembre, se logra ver el consumo diario, consumo realizado en el mes, la disminución en emisiones de CO₂ y la cantidad de árboles a la que equivale la energía ahorrada tras la puesta

en marcha del sistema.

System Performance

Current Power	Energy today	Energy this month	Lifetime energy
0 W	147.64 kWh	1.93 MWh	78.01 MWh

Power and Energy



Last update: 09/14/2020 6:55 PM



solar edge

Ilustración 15. Consumo de energía edificio Amarilo
Fuente: Residente de obra Amarilo S.A.S

Con lo anterior, se determinó el promedio mensual de consumo para un edificio de oficinas que requiere la generación de energía para zonas comunes, como lo son la iluminación de sótanos y puntos fijos y la energía necesaria para el funcionamiento de los 4 ascensores y los equipos de bombeo entre otros.

Para la determinación del valor del consumo mensual se tomó como referencia el costo del kwh cobrado mensualmente por la entidad Codensa para el mes de septiembre de 2020, para edificaciones de tipo industrial y comercial con contribución de acometida sencilla nivel 1 a propiedad del cliente con un valor de kWh de \$599.72

Tabla 8-1. Consumo mensual según industria- Codensa

SECTOR NO RESIDENCIAL				
			NIVEL 1 PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	NIVEL 1 PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)
OFICIAL E INDUSTRIAL SIN CONTRIBUCIÓN	SENCILLA	Monomía	536,1366	499,7685
	OPCIONES HORARIAS (**)	Punta	538,9791	502,4036
		Fuera de Punta	536,5306	500,8581
INDUSTRIAL Y COMERCIAL CON CONTRIBUCIÓN	SENCILLA	Monomía	643,3639	599,7222
	OPCIONES HORARIAS (**)	Punta	646,7749	602,8843
		Fuera de Punta	643,8367	601,0297
INDUSTRIAL SIN CONTRIBUCIÓN	DOBLE HORARIA	Nocturna	538,5114	502,5558
		Diurna	536,7681	500,7956
INDUSTRIAL CON CONTRIBUCIÓN	DOBLE HORARIA	Nocturna	646,2137	603,0670
		Diurna	644,1217	600,9547

Fuente: <https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/espas/C3%B1ol/personas/1-17-1/2020/Tarifario-septiembre-2020.pdf>

En base a la información anterior, se realizó la comparación del cobro mensual del mismo consumo, entre el valor fijo de Codensa (energía eléctrica) y el valor fijo del uso de los paneles solares, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 8-2. Consumo mensual edificio corporativo Amarillo

	Mes	Consumo promedio mes(kw)	Consumo promedio día (kw)	precio Kw Codensa 2020 comercial industrial	Valor mensual pagado a codensa por zonas comunes	precio Kw con paneles solares	Valor mensual con paneles solares	Ahorro mensual
1	noviembre	3670	147,64	\$599,72	\$2.200.972	\$186	\$682.620	\$1.518.352
2	diciembre	3860	147,64	\$599,72	\$2.314.919	\$186	\$717.960	\$1.596.959
3	enero	3458	147,64	\$599,72	\$2.073.832	\$186	\$643.188	\$1.430.644
4	febrero	3567	147,64	\$599,72	\$2.139.201	\$186	\$663.462	\$1.475.739
5	marzo	2890	147,64	\$599,72	\$1.733.191	\$186	\$537.540	\$1.195.651
6	abril	2740	147,64	\$599,72	\$1.643.233	\$186	\$509.640	\$1.133.593
7	mayo	3980	147,64	\$599,72	\$2.386.886	\$186	\$740.280	\$1.646.606
8	junio	4104	147,64	\$599,72	\$2.461.251	\$186	\$763.344	\$1.697.907
9	julio	3790	147,64	\$599,72	\$2.272.939	\$186	\$704.940	\$1.567.999
10	agosto	3458	147,64	\$599,72	\$2.073.832	\$186	\$643.188	\$1.430.644
11	septiembre	3860	147,64	\$599,72	\$2.314.919	\$186	\$717.960	\$1.596.959
12	octubre	1930	147,64	\$599,72	\$1.157.460	\$186	\$358.980	\$798.480
CONSUMO TOTAL ANUAL		41307						\$17.089.532



Consumo promedio mes(kw) frente a Mes

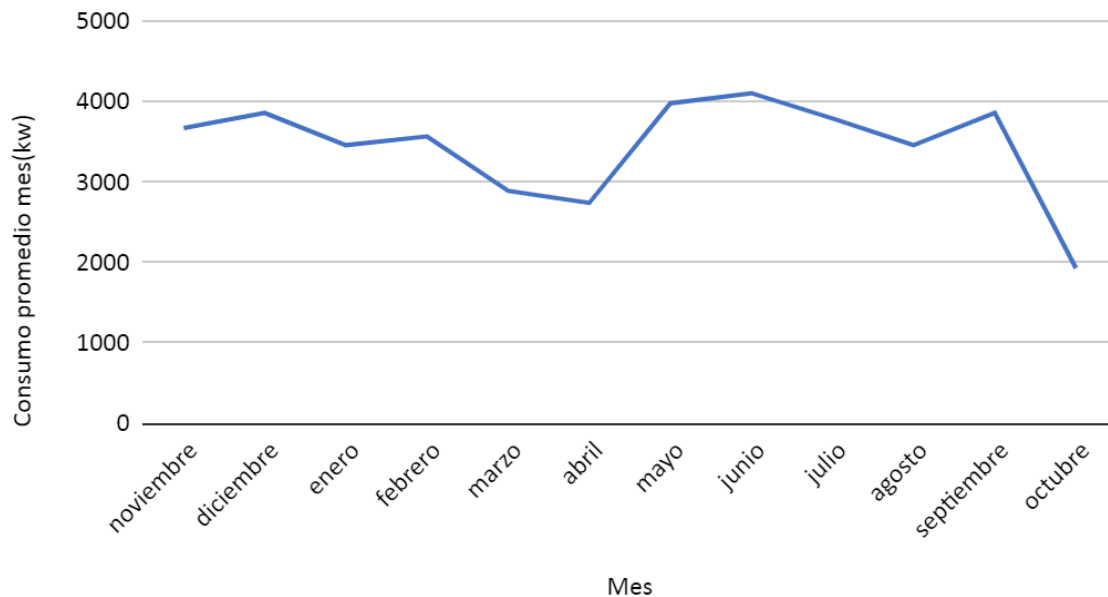


Figura 7. Consumo promedio vs mes
Fuente: Propia

Como se puede identificar en la tabla de consumos tenemos un total de consumo anual de 41307 kw y un ahorro anual de \$17.089.532.

3. El propósito del dimensionado de un sistema fotovoltaico, es el cálculo del número de módulos y materias necesarias para suministrar de modo fiable un determinado consumo durante un año, esto está también involucrado un balance entre dos objetivos normalmente opuestos como lo es la fiabilidad y el mínimo costo.

Tabla 8-3. Dimensionamiento del sistema solar

Consumo anual	41307	kWh
Generación solar de 1 KwP	1800	kWh
Dividimos (consumo anual/generación solar)	22,94833333	kWp
1 kWp. aprox. 7 m2 multiplicamos (7*22.9483)	160,6383333	Área a cubrir 162 m2

La estructura del techo se cubrirá con paneles solares que abarcarán el 65% del área disponible (espacio para una futura expansión)

Se instalarán un total de 78 paneles solares (400W) para proporcionar 31.2KW de generación de energía cubriendo un área total de 162m2.

Fuente: Elaboración propia 2020

4. Como última fase del análisis de costo beneficio realizado tenemos la evaluación económica donde tiene como primer objetivo determinar el ahorro anual generado con la implementación de la instalación de los paneles solares

EVALUACION ECONOMICA

Tabla 8-4. Ahorro anual por generación solar

Generación solar anual 1p	1800	kWh
Valor kWh tarifa 2020 Codensa	\$599,72	
Ahorro anual para 22.94 kWp instalado	\$23.748.912,00	
	\$195.474.919,78	

Tabla 8-5. Cálculo de tiempo retorno de la inversión

COSTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO			
Valor del sistema de paneles	195.473.130,00		
Retorno de la inversion	8.23 años		
Ahorro en 25 años	\$593.722.800,00		
Valor de la energia solar	\$189		
sistema instalado kWh	22.94		
Gneracion de energia anual	41307		
Generacion en 25 años kWh	1032675		
Valor de la energia solar	189,28814	31,56%	Equivalente al valor de la tarifa de codensa

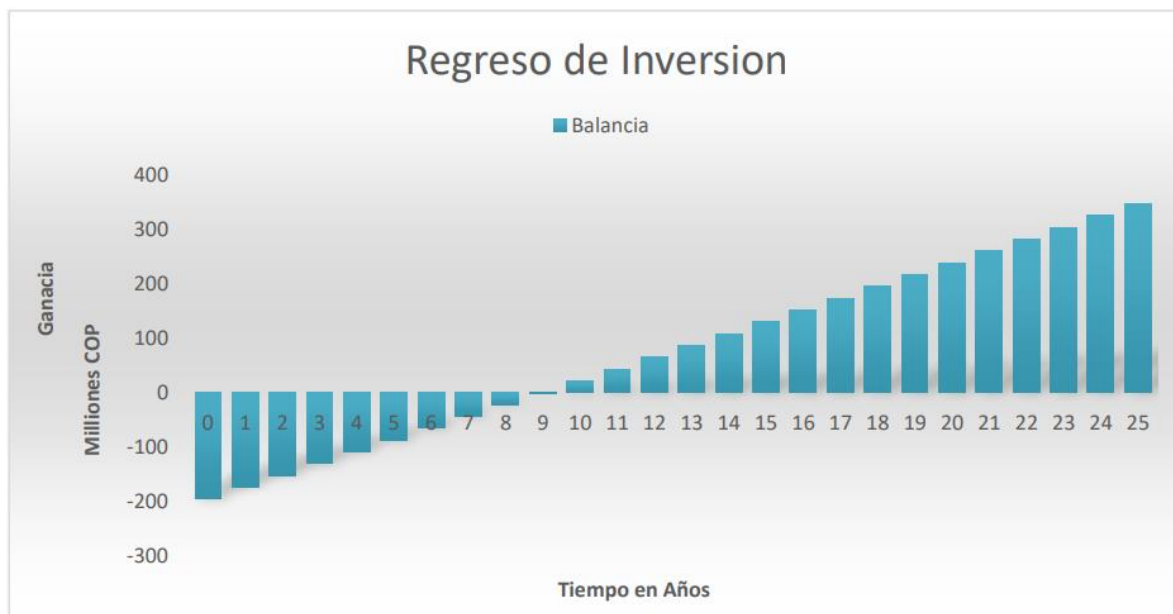


Figura 8. Regreso de inversión inicial
 Fuente: Propia

Tabla 8-6. Resumen resultado evaluación costo beneficio

EVALUACIÓN COSTO BENEFICIO	
TASA DE RETORNO	1,75%
VPN (Inversión Inicial)	\$301.611.234,74
VPN Ahorro en 25 años	\$916.102.723,68
VPN Ganancia 25 años	\$614.491.488,94
B/C	VAganancia/VAInversión
B/C	2,037

Fuente: Elaboración propia

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El desarrollo del trabajo de grado se desarrolló y se estudió con base en un edificio de oficinas el cual es propiedad de Amarilo, se ubica en Bogotá en la localidad de Chapinero, cuenta con un área de 8.729 m² distribuidos en 11 niveles, en el edificio se instalaron 78 paneles solares que cubren la energía de las áreas comunes del edificio representando un 40% del consumo total de energía.
- La implementación de sistemas solares o en general de sistemas de energías renovables, actualmente, cuenta con el apoyo del estado en cuanto a beneficios económicos legalmente constituidos, adicionalmente, los beneficios ambientales como la reducción de CO₂ fomentan el uso de estas fuentes de energía.
- Dentro de las desventajas más relevantes del sistema de paneles solares, se tiene el alto costo de la inversión inicial, que dificulta su implementación por empresas sin el capital suficiente.
- La comparación realizada se enfocó en los costos, lo que permitió el desarrollo de la evaluación económica.
- Las empresas que deciden invertir en los sistemas de energía solar, según el análisis realizado, podrían obtener una ganancia a 25 años de \$614.491.488,94, lo que define una relación beneficio- costo de 2,03, esto sin tener en cuenta los beneficios ambientales producto del cambio a estas energías renovables.
- A lo anterior, se le debe adicionar el beneficio económico producto de los incentivos de la ley 1715, los cuales ascenderían a aproximadamente \$42.869.928.
- Adicionalmente, la implementación de estos sistemas trae reconocimiento a las empresas y las hace más competitivas, ya que la preservación del ambiente es un tema que cada vez más, constituye un factor de decisión en los consumidores.
- Actualmente, llevando la propuesta económica de Iluminación.co a valor actual (2020), el costo de un sistema de iguales características tendría un costo aproximado de \$202.374.553,20 sin tener en cuenta la construcción del edificio.

- En cuanto a la pregunta de investigación, se determinó que la inversión inicial de este proyecto se retornará en 9 años a partir de la puesta en marcha del sistema fotovoltaico.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en la evaluación costo-beneficio de la implementación de sistemas de paneles solares, se tome como referencia el consumo de los valores promedios dados por la factura del servicio eléctrico, generalmente público, con el fin de no sobredimensionar el sistema lo que garantizaría la viabilidad económica.
- Se recomienda que se realice la instalación de este tipo de sistemas fotovoltaicos con equipos modernos que garanticen el uso eficiente de la energía y garantía de la inversión, así se evitan sobrecostos.
- Como recomendación, también es apropiado que los paneles solares se ubiquen dónde pueden tener contacto directo con los rayos del sol, sin que existan interferencias, esto permitirá la eficiencia esperada por panel.

10. BIBLIOGRAFÍA

- "Colciencias", C. d. (2001). Obtenido de <https://minciencias.gov.co/sites/default/file/upload/reglamentacion/ley-697-2001.pdf>
- ACCIONA. (30 de MARZO de 2016). *BUSINESS AS UNUSUAL*. Obtenido de <https://www.accion.com/es/energias-renovables/energi-solar/fotovoltaica/>
- BUSTAMANTE, D. V. (6 de SEPTIEMBRE de 2018). *LA OPINION*. Obtenido de <https://www.laopinion.com.co/economia/el-primer-edificio-en-cucuta-que-funciona-con-energia-solar-161622#OP>
- Camara de Comercio de Bogotá. (2012). *Biblioteca digital*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/18263/Publicacion%20Censo%20Empresarial%20de%20la%20localidad%20de%20Chapinero%20Parte%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CAMARGO, L. (2018). *Evaluación de la implementación de energía solar en la ganadería sostenible en Toca, Boyáca*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Catastro Bogotá. (2014). *Observatorio tecnico catastral*. Obtenido de https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/archivos/ESTUDIO%20CATASTRAL%2002_0.pdf
- Chile, M. d. (2021). *Guía DE Operación+Mantenimiento*. Obtenido de https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/guia_operacionmantenimiento_final.pdf
- COLOMBIANA, N. T. (1998). *CODIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO*. Obtenido de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/ntc%2020500.pdf>
- CONGRESO DE LA REPUBLICA. (13 de mayo de 2014). *Secretaria del Senado*. Obtenido de https://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html
- construcciones, I. y. (12 de 2020). Obtenido de Ingeniería y construcciones SAS: <https://www.hgingenieria.com.co/radiacion-solar-en-colombia/>
- CORPORACIÓN COLOMBIANA DE DESARROLLO. (1 de abril de 2019). *Agencia EFE*. Obtenido de <https://www.efe.com/efe/espana/sociedad/una-corporacion-colombiana-busca-reducir-la-huella-de-carbono-con-paneles-solares/10004-3944520>
- DANE. (2018). Obtenido de Geoportal Dane: <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/sociedad/cnpv-2018/?lt=4.456007353293281&lg=-73.2781601239999&z=5>
- ECONOTICIAS. (19 de septiembre de 2016). *Conceptos fundamentales sobre energía solar fotovoltaica*. (grupo ECOTicias S.L.) Recuperado el 30 de marzo de 2020, de <https://www.ecoticias.com/energias-renovables/128543/conceptos-fundamentales-sobre-energia-solar-fotovoltaica>

- EL TIEMPO. (2013). *Proyecto fotovoltaico autónomo Off- Grid*. Obtenido de <https://www.el tiempo.com/archivo/documento/DR-97313>
- Equipar. (2020). Nuevo Edificio Corporativo de Amarillo. *Equipar*, 1.
- GARZON, J. S. (2013). *Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica*. Bogotá: UNAL.
- gas", M. d. (2007). Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/practicas-con-fines-de-uso-racional-y-eficiente-de-energia-electrica>
- IDEAM. (2021). *Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia*. Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- K, A. (14 de septiembre de 2019). *crece negocio*. Obtenido de <https://www.crecenegocios.com/analisis-costo-beneficio/>
- Ministerio de minas y energía "Avance jurídico". (2007). Obtenido de http://legal.legis.com.co/document/Index?obra=legcol&document=legcol_75992042327cf034e0430a010151f034
- Multimedia. (2016). *Multimedia*. Obtenido de <https://www.multimedia.com.mx/blog/index.php/186-energia-solar-en-tu-casa-ha-llegado-el-momento>
- MURCIA, H. (15 de enero de 2009). *Desarrollo de energía solar en Colombia*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12.pdf>
- OCHOA, A. (2017). Instancia colocar paneles solares. *ProQuest Central*, 1.
- ORDÓÑEZ, K. (2019). *Análisis costo beneficio de los sistemas sanitarios convencionales para consumos eficientes de agua en proyectos de construcción*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- ORGANIZACIÓN HPTU. (2010). *Informe de responsabilidad social*. Obtenido de Hospital Pablo Tobón Uribe - El Hospital con Alma: <https://issuu.com/hptu/docs/>
- PORTAFOLIO. (05 de Diciembre de 2016). *Energías renovables, la apuesta que debe hacer el país*. Recuperado el 29 de Marzo de 2020, de <https://www.portafolio.co/innovación/energias-renovables-en-colombia-502061>
- RODRIGUEZ, H. (2000). *Coveñas, Oleoducto Caño Limon*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Sistema-fotovoltaico-de-34-kWp-del-Oleoducto-Cano-Limon-Covenas-En-operacion_fig5_242612665
- Secretaría de desarrollo económico. (2015). *Observatorio de Desarrollo Económico*. Obtenido de <http://observatorio.desarrolloeconomico.gov.co/dinamica-economica/la-region-bogota-cundinamarca-dinamica-economica-y-potencialidades>
- Secretaría de energía. (2008). Obtenido de Energía: http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_solar.pdf
- Secretaría del Senado. (2014). *Ley 1715 de 2014*. Obtenido de http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html#10
- SOLAR ENERGÍA. (2016). *Planta de energía solar*. Obtenido de <https://solar-energia.net>

- SUPPLY,sun. (2018). *Componentes de un sistema de energía solar*. Obtenido de <https://www.sunsupplyco.co/componentes-de-un-sistema-de-energia-solar/>
- UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICA. (2018). *Cartilla de generacion electrica*. Recuperado el 30 de marzo de 2020, de https://www1.upme.gov.co/Documents/Energias_renovables/Cartilla_Generacion_Energia_Electrica.pdf
- UNIVERSIDAD EAN. (2013). *Fundacion Un Litro de Luz*. Obtenido de <https://universidadean.edu.co/noticias/un-litro-de-luz>
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. (2007). *Caracterización del consumo de energía final en los sectores terciario, grandes establecimientos comerciales*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- UPME. (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. Obtenido de http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf
- Vivienda", C. d. (16 de junio de 2011). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/NrmativaInstitucional/1450%20-%202011.pdf>
- ZIMBRON, A. (2020). *Paneles Solares Como Alternativa Contra El Cambio Climático*.